

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

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

Anais

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

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 Rosangela 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

Comitê técnico-científico

Aline de Holanda Nunes Maia (Embrapa Meio Ambiente)
Alan Massaru Nakai (Embrapa Informática Agropecuária)
Alexandre Coutinho (Embrapa Informática Agropecuária)
Antônio Heriberto de Castro Teixeira (Embrapa Monitoramento por Satélite)
Aryeverton Fortes de Oliveira (Embrapa Informática Agropecuária)
Ariovaldo Luchiari Júnior (Embrapa Informática Agropecuária)
Azeneth Eufrausino Schuler (Embrapa Solos)
Celina Maki Takemura (Embrapa Monitoramento por Satélite)
Eduardo Assad (Embrapa Informática Agropecuária)
Giampaolo Queiroz Pellegrino, Embrapa Informática Agropecuária
Glauber José Vaz (Embrapa Informática Agropecuária)
Ivo Pierozzi Junior (Embrapa Informática Agropecuária)
João do Santos Vila da Silva (Embrapa Informática Agropecuária)
Juliano Daniel Groppo (Embrapa Informática Agropecuária)
Julio Roberto Araújo de Amorim (Embrapa Tabuleiros Costeiros)
Júlio César Dalla Mora Esquerdo (Embrapa Informática Agropecuária)
Júnia R de Alencar (Embrapa Informática Agropecuária)
Leonardo Ribeiro Queirós (Embrapa Informática Agropecuária)
Lineu Neiva Rodrigues (Embrapa Cerrados)
Luciano Vieira Koenigkan (Embrapa Informática Agropecuária)
Lucilia Maria Parron Vargas (Embrapa Florestas)
Luis Henrique Bassoi (Embrapa Semiárido)
Luis Eduardo Gonzales (Embrapa Informática Agropecuária)
Márcia Divina de Oliveira (Embrapa Pantanal)
Marcus Aurélio Soares Cruz (Embrapa Tabuleiros Costeiros)
Maria do Carmo Ramos Fasiaben (Embrapa Informática Agropecuária)
Maria Fernanda Moura (Embrapa Informática Agropecuária)
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior (Embrapa Amazônia Oriental)
Ricardo Figueiredo (Embrapa Meio Ambiente)
Rômulo Penna Scorza Júnior (Embrapa Agropecuária Oeste)
Rubens Sonsol Gondim (Embrapa Agroindústria Tropical)
Sérgio Braga da Cruz (Embrapa Informática Agropecuária)
Sílvio Roberto Medeiros Evangelista (Embrapa Informática Agropecuária)
Tércia Zavaglia Torres (Embrapa Informática Agropecuária)

Comissão organizadora

Maria Fernanda Moura (Embrapa Informática Agropecuária)
Giampaolo Queiroz Pellegrino (Embrapa Informática Agropecuária)
Lineu Neiva Rodrigues (Embrapa Cerrados)

Colaboradores

Azeneth Eufrazino Schuler (Embrapa Solos)
Carla Cristiane Osawa (Embrapa Informática Agropecuária)
Glauber José Vaz (Embrapa Informática Agropecuária)
Maria Giulia Croce (Embrapa Informática Agropecuária)
Rachel Bardy (Embrapa Solos)
Ricardo Figueiredo (Embrapa Meio Ambiente)
Stanley Robson de Oliveira (Embrapa Informática Agropecuária)

Agradecimentos

A Comissão Organizadora do II Seminário da Rede AgroHidro gostaria de registrar seus agradecimentos à Chefia da Embrapa Informática Agropecuária pela excelente receptividade durante a realização do evento e a toda sua equipe, em especial ao Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO), pelo apoio à realização e divulgação do evento, ao Comitê Local de Publicações (CLP), pela garantia da qualidade das publicações do evento. Ainda, a equipe da Embrapa Informática, aos colaboradores e membros do comitê técnico científico (CTC), aos doutores Roberto Hiroshi Higa, Ivo Pierozzi Junior e Glauber José Vaz pela realização das oficinas de trabalho.

Aos palestrantes que aceitaram nossos convites e contribuíram imensamente para a qualidade do evento: Dr Walter Collischonn, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Dr Jochen Straub, Hexis Científica; Dr Eneas Salati, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz (Esalq)”; Dr Reynaldo Luiz Victória, Universidade de São Paulo (USP), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA); bem como aos nossos colegas da Agência Nacional de Águas (ANA) aqui representados pelo Dr Ivan Laerte Fett Laydner.

Também gostaríamos de agradecer ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em especial, à Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC), pelo apoio à realização deste evento. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto de articulação da rede. À HEXIS Científica, pelo apoio e participação neste evento. Bem como, ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) que financiou o projeto de estruturação da rede; e, à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pelo financiamento do primeiro projeto da rede. Finalmente, agradecemos a todos os participantes deste seminário.

Apresentação

Este livro é um dos produtos científicos do II Seminário da Rede AgroHidro. Ele apresenta resultados obtidos pela rede até a data de realização desse evento. O objetivo desse II Seminário foi promover a integração, a troca de informações e as discussões sobre as atividades em andamento no projeto de pesquisa MP1 AgroHidro, “Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos”, que foi também o tema escolhido para o Seminário. As pesquisas desenvolvidas no âmbito do projeto MP1 AgroHidro são consideradas essenciais e de grande importância para a sociedade, uma vez que as mudanças climáticas podem impactar a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas brasileiras e comprometer a produção agrícola e a qualidade de vida das comunidades rurais nos diferentes Biomas Brasileiros.

Pesquisadores de renome nacional abordam temas atuais e futuros relacionados ao impacto da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos, contribuindo para a integração e o intercâmbio de conhecimento entre profissionais, a formação de novas redes de pesquisa e a identificação de novas demandas de pesquisa.

Contemplou-se também a capacitação de pessoas por meio da realização de três oficinas de trabalho. A primeira realizada na véspera do seminário, tratou de aspectos de consolidação da organização da página da Rede AgroHidro na internet. A segunda e terceira oficinas ocorreram após o término do evento, e tiveram como objetivos discutir as formas de representação do conhecimento na rede e introduzir e apresentar conceitos básicos do uso do software estatístico R a alguns de seus participantes.

Essa obra é um marco para o desenvolvimento dos trabalhos da Rede Agrohidro. Foram abordados aspectos metodológicos, estruturais e técnicos, bem como as dimensões social, ambiental e econômica do tema, por meio de apresentações, painéis e grupos de trabalho, de forma a estimular propostas de colaboração técnico-científica envolvendo pesquisadores, professores e outros representantes de instituições governamentais e não-governamentais.

Espera-se que o conteúdo apresentado nestes anais possam auxiliar não somente na divulgação da Rede Agrohidro, mas também na identificação de linhas de pesquisa estratégicas e soluções para o tema, bem como fornecer subsídios a políticas públicas que contribuam para uma gestão eficiente e sustentável da água na agricultura, do ponto de vista de sua disponibilidade e qualidade.

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Chefe-Geral da Embrapa Informática Agropecuária

Prefácio

O aumento da competição pelo uso da água entre os diversos setores da sociedade implicará na necessidade de usar os recursos de modo mais eficiente, de forma a garantir a sustentabilidade da produção nos diferentes setores. O crescimento populacional demandará mais alimentos, fato que aliado às novas demandas energéticas, de bases renováveis, alterará os padrões atuais de uso dos recursos hídricos no meio agrícola. Portanto, não se pode dissociar a segurança alimentar da segurança hídrica. Em regiões que enfrentam escassez de água, por exemplo, é essencial planejar de maneira racional o uso dos recursos hídricos e estabelecer políticas hídricas efetivas de modo a assegurar a produção de alimentos e minimizar a pobreza por meio do desenvolvimento econômico. Adicionalmente, a ocorrência de mudanças climáticas deverá afetar o ciclo hidrológico e a “geografia da produção nacional”, acarretando prejuízos à disponibilidade dos recursos hídricos para o consumo humano e animal, para a geração de energia e principalmente para a agricultura, por ser essa a atividade que mais demanda esses recursos, haja vista seu amplo uso para a irrigação de lavouras.

Diante desses desafios, a Rede AgroHidro foi inicialmente proposta por um grupo de pesquisadores da Embrapa, com o objetivo de estudar “água na agricultura”, em virtude dos desafios associados às crises de suprimento de alimentos e de água no mundo. A Rede tem parcerias estratégicas com diversas universidades e instituições governamentais, contando com a participação de 20 Centros de Pesquisa da Embrapa e de mais de 36 instituições parceiras externas.

O objetivo principal da rede é contribuir para a interação entre profissionais e instituições nacionais e estrangeiras na busca de soluções voltadas à sustentabilidade nas relações entre os recursos hídricos e as cadeias produtivas agropecuárias e florestais e à melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais e da população em geral, promovendo o avanço do conhecimento e das tecnologias para o uso eficiente da água.

Dessa forma, com a finalidade de fortalecer a atuação da Rede junto a outras instituições e à sociedade foi realizado, em 2012, no Rio de Janeiro, o I Seminário da Rede AgroHidro. Foram abordados aspectos metodológicos, estruturais e técnicos, bem como as dimensões social, ambiental e econômica do tema, por meio de conferências, mesas redondas, apresentações, painéis e grupos de trabalho, de forma a estimular propostas de colaboração técnico-científica envolvendo pesquisadores, professores e outros representantes de instituições governamentais e não governamentais.

Em sua versão 2014, O II Seminário da Rede AgroHidro teve como objetivo promover a integração, a troca de informações e as discussões sobre as atividades em andamento no projeto de pesquisa que avalia **os impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos**, o projeto AgroHidro, do “MacroPrograma 1 - Grandes Desafios Nacionais” da Embrapa (MP1). Este projeto integra a Rede AgroHidro e tem como objetivo principal gerar conhecimentos e estratégias técnicas para o uso eficiente do solo e da água com vistas à conservação dos recursos hídricos, à sustentabilidade e à competitividade da agricultura em diferentes biomas brasileiros. Ele foi estruturado de forma a viabilizar trabalhos de pesquisa, de longa duração, em recursos hídricos em bacias hidrográficas de tamanhos diferentes, nos diversos biomas brasileiros, sendo composto por sete projetos componentes (PCs), que abrangem 36 planos de ação (PAs), nos quais são desenvolvidas mais de 200 atividades de pesquisa científica e de gestão do projeto.

São perguntas-chave que se pretende responder com o projeto e com os trabalhos apresentados nesses anais: a) Quais são as alternativas tecnológicas que temos disponíveis para sanar os problemas atuais de disponibilidade e qualidade hídrica?; b) Como a organização da informação e do conhecimento técnico-científico poderá permitir e agilizar essa busca de alternativas?; c) Diante das mudanças climáticas, como projetar cenários futuros para a disponibilidade e qualidade da água e que novos desafios esses cenários poderão trazer?; d) A análise de nossa evolução histórica sobre a oferta e demanda da água na agricultura poderá nos levar a um entendimento de nosso estado presente de disponibilidade, qualidade e eficiência do uso da água e nos permitirá projetar cenários para a disponibilidade futura?; e) Como o monitoramento e a modelagem da qualidade e quantidade da água poderá nos auxiliar no entendimento dos processos hidrológicos e qual o impacto provocado pelo uso do solo em bacias hidrográficas agrícolas e naturais?

Para discutir possíveis respostas a essas e outras questões essenciais, o II Seminário da Rede AgroHidro teve como objetivo promover a integração, a troca de informações e as discussões sobre as atividades em andamento no projeto de pesquisa MP1 AgroHidro e contou com oitenta e dois (82) participantes inscritos e mais de trinta (30) trabalhos apresentados, cujos resumos encontram-se publicados nestes anais.

Baseado nesse esforço, espera-se que estes anais e os demais seminários e pesquisas da Rede Agrohidro permitam promover o avanço do conhecimento no tema de impactos da agricultura e das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e que possa trazer soluções para problemas derivados desses impactos.

Editores Técnicos

Sumário

Modelos e análise de dados

Base de dados espaciais para o diagnóstico de bacias hidrográficas <i>Spatial database for diagnosis of river basins</i> Fabio Enrique Torresan; Maria Lucia Zuccari; Janice Freitas Leivas; Ricardo de Oliveira Figueiredo	21
Simulação hidrológica de grandes bacias - aplicação do MGB-IPH na Bacia do Rio Ji-Paraná (RO) <i>Hydrological modeling of large river basins - use of the MGB-IPH model for the Ji-Paraná River Basin, Rondônia, Brazil</i> Daniel de Castro Victoria; Adriano Rolim da Paz; Ricardo Guimarães Andrade	27
Estimativas de precipitação por sensor remoto orbital na simulação hidrológica de grandes bacias <i>Precipitation estimates from orbital remote sensing in simulation of large scale hydrological watershed</i> Daniel de Castro Victoria; Adriano Rolim da Paz; Ricardo Guimarães Andrade	31
Aplicação de geotecnologias na gestão e disponibilização de informação aos usuários de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba <i>Geotechnologies application on data management and information providing for water resources users in the Japarutuba River Basin, Brazil</i> Marcus Aurélio Soares Cruz; Julio Roberto Araujo de Amorim; Ricardo de Aragão; Rafael Rodrigues de Souza Silva; Paulo Vinicius Melo da Mota	36
Análise da variação temporal da precipitação mensal na Bacia do Rio Pontal em Pernambuco <i>Time series analysis of monthly rainfall at Pontal River Basin in Pernambuco, Brasil</i> Clóvis Manoel Carvalho Ramos; Luís Henrique Basso; Célia Regina Lopes Zimback.....	41

Metodologia para avaliação de impactos de mudanças climáticas na demanda de água para a agricultura irrigada em nível de bacia hidrográfica <i>River basin scale irrigation water needs climate change impact assessment methodology</i> Rubens Sonsol Gondim; Aline de Holanda Nunes Maia; Sílvia Roberto Medeiros Evangelista.....	46	Qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas microbacias dos igarapés Cumarú e São João, tributárias da Bacia do Rio Maracanã, nordeste paraense <i>Quality of surface waters and groundwater in small catchments of the Cumarú and São João streams, tributaries of the Maracanã River Basin, Northeast of Pará state</i> Luciana Gonçalves Cardoso Creão; Ricardo de Oliveira Figueiredo; Juliana Feitosa Felizzola	88
Qualidade de um conjunto de dados globais de precipitação pluvial para a região produtora de melão do NE brasileiro <i>Quality of global rainfall dataset for melon crop region in NE Brazil</i> Alfredo José Barreto Luiz; Aline de Holanda Nunes Maia; Rubens Sonsol Gondim.....	59	Avaliação dos processos biogeoquímicos, sob diferentes usos e cobertura do solo em Tomé-Açu, PA <i>Evaluation of biogeochemical processes under different land use and soil coverage in Tomé-Açu, PA</i> Dinara Costa Silva; Vania Neu; Ricardo de Oliveira Figueiredo; Juliana Feitosa Felizzola; Josiane dos Prazeres Pimentel.....	93
Avaliação da precipitação projetada pelos modelos do IPCC-AR4 para o Nordeste e o Sudeste do Brasil <i>Assessment of predicted precipitation by IPCC-AR4 models for Northeastern and Southeastern Brazil</i> Emília Hamada; Aline de Holanda Nunes Maia.....	64	Monitoramento da solução do solo e da água subterrânea em estudo hidrobiogeoquímico de duas microbacias da Amazônia Oriental <i>Monitoring soil solution and groundwater in a hydrobiogeochemical study of two small catchments in the Eastern Amazonia</i> Juliana Feitosa Felizzola; Ricardo de Oliveira Figueiredo; Cristiane Formigosa Gadelha da Costa; Pedro Gerhard; Orlando dos Santos Watrin; Vania Neu	98
Monitoramento hidrometeorológico em bacias rurais do Bioma Mata Atlântica <i>Hydrometeorological monitoring in rural catchments in the Atlantic Forest Biome</i> Azeneth Eufrausino Schuler; Alexandre Ortega Gonçalves; Rachel Bardy Prado; Annika Künne; Santiago Penedo-Julien; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo; Ana Paula Dias Turetta	69	Quantificação de parâmetros biofísicos no norte de Minas Gerais - parte b: produtividade da água em larga escala <i>Quantification of biophysical in the North of Minas Gerais - part b: large scale water productivity</i> Antonio Heriberto de Castro Teixeira; Ricardo Guimarães Andrade; Janice Freitas Leivas; Daniel de Castro Victoria	102
Qualidade da água		Quantificação de parâmetros biofísicos no norte de Minas Gerais - parte a: balanço de energia em larga escala <i>Quantification of biophysical parameters in the North of Minas Gerais - part a: large scale energy balance</i> Antonio Heriberto de Castro Teixeira; Ricardo Guimarães Andrade; Janice Freitas Leivas; Daniel de Castro Victoria	107
Organização e gestão da Rede AgroHidro <i>Organization and management Network AgroHidro</i> Tércia Zavaglia Torres; Lineu Neiva Rodrigues; Azeneth Eufrausino Schuler.	77	Composição da comunidade macrobentônica no reservatório de furnas (MG) em área de parque aquícola <i>Macroinvertebrate community composition in furnas reservoir (MG) at aquaculture park area</i> Mariana Silveira Guerra Moura e Silva; Nayara Cyrino Carvalho; Marcos Eliseu Losekann; Fernanda Garcia Sampaio; Ana Lucia Silva Marigo; Marisa Pereira Carvalho; Kathia Cristhina Sonoda	112
Monitoramento quali-quantitativo de uma microbacia em região de transição entre os biomas amazônia-cerrado - fase inicial <i>Assessment of water quantity and quality in a microbasin under amazon and cerrado transition zone - preliminary stage</i> Cornélio Alberto Zolin; Ciro Magalhães; Fernando Alexandre Rieger; Andrey Gregory da Mota Ferreira e Silva; Jessica Lina Viana.....	83		

Evapotranspiração, paisagem, sustentabilidade e outros

Disponibilidade de água no solo sob diferentes tensões no perímetro irrigado pontal sul, Petrolina - PE <i>Soil water availability under different tensions in pontal sul perimeter, Petrolina - PE</i> Clóvis Manoel Carvalho Ramos; Luís Henrique Bassoi; Célia Regina Lopes Zimback; Joselina de Souza Correia	117
Variação espacial e temporal da evapotranspiração diária nas bacias dos rios Ji-Paraná e Urupá em Rondônia <i>Spatial and temporal variation in daily evapotranspiration in the Ji-Paraná and Urupá River basins, Rondônia</i> Daise Nunes Furlan; Maria Victoria Ramos Ballester; Ricardo Guimarães Andrade; Daniel de Castro Victoria	122
Estimativa da evapotranspiração, biomassa e produtividade da água em municípios produtores de trigo, no Rio Grande do Sul <i>Estimating of evapotranspiration, biomass and water productivity in municipalities wheat producers, in Rio Grande do Sul</i> Janice Freitas Leivas; Antônio Heriberto de Castro Teixeira; Ricardo Guimarães Andrade; Daniel de Castro Victoria	126
Potencial de uso de métricas de paisagem para relacionar a dinâmica de uso da terra com a qualidade da água: estudo de caso na região serrana do Estado do Rio de Janeiro <i>Potencial use of landscape metrics to relate land use dynamic to water quality: case study at Região Serrana - Rio de Janeiro State</i> Ana Paula Dias Turetta; Rachel Bardy Prado	131
Índice de Qualidade da Unidade Hidrográfica (IQH) <i>Watershed quality index</i> Julio Cesar Pascale Palhares; Ricardo de Oliveira Figueiredo; Rachel Bardy Prado; Marcus Aurélio Soares Cruz; Ana Paula Dias Turetta; Azeneth Eufrausino Schuler; Carlos Roberto Padovani; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo; Elenice Fritzsos; Lucília Maria Parron Vargas; João Herbert Moreira Viana; Lineu Neiva Rodrigues; Luciano José de Oliveira Accioly; Raimundo Cosme de Oliveira Junior; Juliana Feitosa Felizzola; Ciro Augusto de Souza Magalhães	137

Capacidade de armazenamento de água de pequenas barragens na bacia experimental do Rio Buriti Vermelho <i>Small reservoirs storage capacity in the Buriti Vermelho experimental watershed</i> Lineu Neiva Rodrigues	141
Sistema de indicadores para a avaliação da sustentabilidade hídrica da atividade canavieira <i>Indicators system for sugarcane water sustainability assessment</i> Rodrigo Peçanga Demonte Ferraz; Margareth Gonçalves Simões; Vincent Dubreuil	146

Qualidade e uso da água e do solo

Avaliação preliminar da qualidade da água em função do manejo agropecuário e cobertura vegetal na Microbacia Batatal - Cachoeiras de Macacu, RJ <i>Preliminary assessment of water quality as a function of agriculture and vegetation cover in Batatal Watershed - Cachoeiras de Macacu, RJ</i> Rachel Bardy Prado; Santiago Penedo-Julien; Azeneth Eufrausino Schuler; Annika Künne; Vanesa Eliana Rodríguez Osuna; Marllus Henrique Ribeiro de Paiva; Lars Ribbe.....	152
Planejamento do uso do solo em pequena bacia sob produção familiar: contribuição de estudos em bacias experimentais e representativas <i>Land-use planning in a small basin under family-based production: contribution from studies in experimental and representative basins</i> Carlos de Oliveira Galvão; Hugo Morais de Alcântara; John Elton de Brito Leite Cunha; Itamara Mary Leite de Menezes Taveira.....	160
Desempenho de sistema sequencial de leitos cultivados de fluxo vertical e horizontal (constructed wetlands) no tratamento de esgoto doméstico: água de reuso para a agricultura <i>Performance of sequential vertical and horizontal flow constructed wetlands treating domestic sewage: water reuse for agriculture</i> Regina Maria Ferreira dos Santos; Denis Miguel Roston	165
Monitoramento da qualidade da água de igarapés da amazônia oriental em unidades demonstrativas de recuperação de áreas de preservação permanente <i>Streamwater monitoring in creeks from Eastern Amazon along restored riparian forest plots</i> Pedro Gerhard; Juliana Feitosa Felizzola	170

<p>Aplicação do modelo SWAT para avaliação da influência da mata ciliar da Bacia do Rio Siriri-Sergipe, sobre a produção de sedimentos <i>Application of SWAT model to evaluate the influence of bank vegetation on sediment yield in the Basin of Siriri River, Sergipe</i> Ricardo de Aragão; Marcus Aurélio Soares Cruz; Julio Roberto Araujo de Amorim; Luciana Coelho Mendonça; Silmara de Moraes Pantaleão</p>	174
<p>Variabilidade espacial de atributos físicos do solo no perímetro irrigado pontal sul, em Petrolina, PE <i>Spatial variability of size fractions in pontal sul, Petrolina, PE</i> Clóvis Manoel Carvalho Ramos; Luís Henrique Bassoi; Célia Regina Lopes Zimback.....</p>	179
<p>Mapeamento de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho, DF <i>Soil mapping in the Buriti Vermelho Watershed, DF</i> Denilson Pereira Passo; Lineu Neiva Rodrigues; Adriana Reatto; Eder de Souza Martins</p>	183
<p>Análise comparativa entre estimativa de perda de solos e ocorrências de erosão: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ <i>Comparative analysis between estimated soil loss and occurrence of erosion: a case study in Guapi-Macacu watershed, RJ</i> Elaine Cristina Cardoso Fidalgo; Dayse Thompson; Friederike Elisa Naegeli de Torres; Raoni Naziazeno Mendonça</p>	187
<p>Índice de autores</p>	191

Base de dados espaciais para o diagnóstico de bacias hidrográficas

Spatial database for diagnosis of river basins

Fabio Enrique Torresan¹; Maria Lucia Zuccari²;
Janice Freitas Leivas¹; Ricardo de Oliveira Figueiredo²

Resumo

Descrevemos aqui a metodologia adotada para a estruturação do banco de dados espaciais para o diagnóstico ambiental da bacia do Rio Camanducaia, cujo objetivo é subsidiar as atividades do Projeto AgroHidro nesta bacia.

Termos para indexação: geotecnologias, sistemas de informações geográficas, recursos hídricos.

Abstract

Here we describe the methodology used for the structuring of the spatial database for the environmental diagnosis of the basin of the River Camanducaia, whose objective is subsidising the activities of the AgroHidro Project.

Index terms: geotechnologies, geographic information systems, water resources.

Introdução

A adoção da bacia hidrográfica constitui um princípio básico para a implementação da gestão de recursos hídricos e é empregado em várias experiências

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite; {fabio.torresan;janice.leivas}@embrapa.br

² Embrapa Meio Ambiente; {lucia.zuccari;ricardo.figueiredo}@embrapa.br

estrangeiras. No caso brasileiro, constitui a unidade físico territorial para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, como estabelecido nas Leis 9.433/97 e 7.663/91.

Este trabalho descreve a aplicação de geotecnologias para o diagnóstico ambiental da bacia do rio Camanducaia, cujo objetivo é subsidiar a avaliação de impactos ambientais das atividades agropecuárias sobre os recursos hídricos. Descrevemos aqui a metodologia adotada para a estruturação do banco de dados geográficos, a qual é uma etapa prévia para a geração de cartas temáticas de dinâmica de uso e cobertura das terras, as quais darão suporte às próximas atividades do projeto.

A aplicação de geotecnologias, como sistemas de informações geográficas e interpretação de imagens de sensoriamento remoto, oferece grandes vantagens em relação à análise espacial tradicional/analógica (por exemplo, grande capacidade de armazenamento e processamento de dados digitais e rapidez nas análises) para o processamento e a análise de dados espaciais e ambientais, o que torna essas técnicas fundamentais na identificação e espacialização dos mosaicos dos diferentes ambientes modificados, os quais podem subsidiar tecnicamente a gestão e o zoneamento do uso e da cobertura das terras.

Material e métodos

A área de estudo abrange a totalidade da Bacia Hidrográfica do Rio Camanducaia (Figura 1), com uma área de 1.900 km². Está inserida em 10 municípios paulistas: Holambra, Jaguariúna, Santo Antônio de Posse, Pedreira, Amparo, Serra Negra, Monte Alegre do Sul, Socorro, Pinhalzinho e Pedra Bela. Suas nascentes estão localizadas no município de Toledo (MG). A bacia pertence ao bioma Mata Atlântica.

As bases de informações espaciais georreferenciadas foram armazenadas em formato digital, na estrutura “file geodatabase”, formato de banco de dados geográficos nativo do software ArcGIS, o que possibilita a realização de análises posteriores com maior rapidez e precisão. Esse banco de dados geográficos também foi utilizado para incorporação de novas informações resultantes da execução de outras atividades do projeto de pesquisa, como a localização dos pontos e parcelas de amostragem e o mapeamento do uso e da cobertura das terras da área de estudo.

A base cartográfica vetorial existente sobre a área de estudo (cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala 1:50.000) foram adquiridas junto ao IBGE. Originalmente em formato do software AutoCAD (*.DWG), foram convertidas para o formato nativo do software ArcGis (“shapefile”: *.shp). Foram utilizadas sete cartas topográficas: Cosmópolis, Amparo, Valinhos, Socorro, Bragança Paulista, Munhoz e Extrema.

Deste modo, para a folha topográfica foram gerados os seguintes planos de

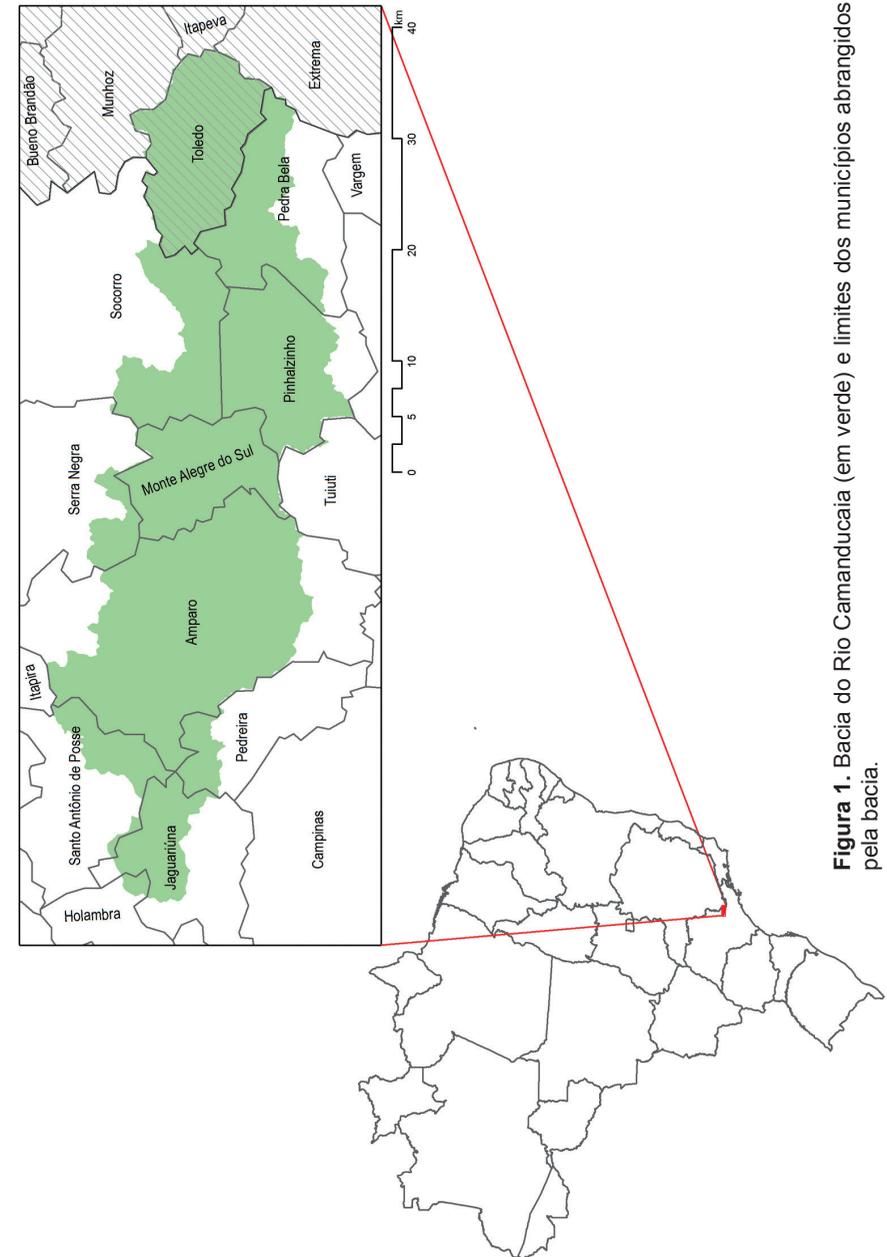


Figura 1. Bacia do Rio Camanducaia (em verde) e limites dos municípios abrangidos pela bacia.

informação: hidrografia, altimetria (curvas de nível), vias de transporte (estradas de terra, asfaltadas, etc.). Um plano de informação representa uma coleção de feições geográficas e seus atributos (HAGAN et al., 1998). Esses planos de informação foram exportados para o banco de dados geográficos ("file geodatabase") e agrupados para dar origem ao mapa base da área de estudo que tem como utilidade inicial o planejamento das campanhas para coleta de dados em campo.

As curvas de nível vetorizadas deram origem ao Modelo Digital de Elevação (MDE) que é representado por uma imagem em que cada pixel representa um valor de altitude. Utilizamos também o arquivo vetorial de corpos d'água e represas para que o modelo fosse gerado consistentemente com a hidrografia. Esse modelo foi gerado usando o algoritmo de interpolação denominado "Topo to Raster", presente no ArcGis.

A partir do MDE, geramos o mapa de declividades (Figura 2), que pode ser bastante útil na delimitação de áreas de preservação permanente e para indicar vulnerabilidades ambientais relacionadas a processos erosivos. Adotamos as classes de declividades sugeridas por Sistema... (1999), ou seja: Classe A, plano (0% a 3%); Classe B, suave ondulado (3% a 8%); Classe C, moderadamente ondulado (8% a 13%); Classe D, ondulado (13% a 20%); Classe E, forte ondulado (20% a 45%); e Classe F, montanhoso ou escarpado (acima de 45%).

Durante o ano de 2013 realizamos seis campanhas de campo na área de estudo com o objetivo de caracterizar a bacia hidrográfica quanto ao uso e ocupação das terras e selecionar pontos de monitoramento dos recursos hídricos. Este monitoramento será realizado a partir do ano de 2014. Os pontos vistoriados tiveram suas coordenadas geográficas registradas pelo Global Positioning System (GPS). Os resultados foram organizados em uma planilha eletrônica com informações sobre cada ponto amostrado. Essa planilha eletrônica foi exportada para o ArcGIS, onde os pontos de amostragem podem ser sobrepostos a outros planos de informação, como imagens de sensoriamento remoto, mapas temáticos, como hidrografia e topografia, e métricas de ecologia da paisagem.

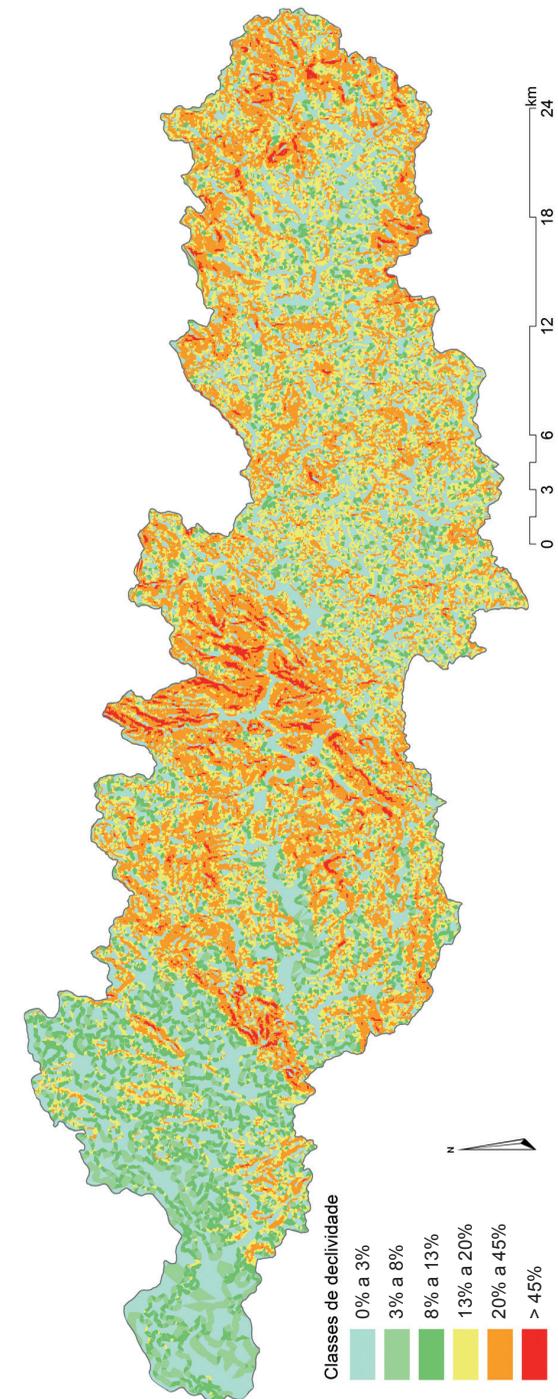


Figura 2. Mapa de declividades.

Resultados obtidos

Os planos de informação utilizados, bem como as informações adquiridas durante os trabalhos de campo, encontram-se estruturadas em um banco de dados espaciais, o que é bastante importante para a análise dos resultados do monitoramento dos recursos hídricos e também para as etapas futuras de execução do projeto.

Trabalhos futuros

Durante os trabalhos de campo e interação com parceiros do projeto, constatamos a importância de incluir a bacia do rio Jaguari nas etapas futuras, o que inclui a construção da base de dados espaciais desta bacia, bem como o monitoramento de seus recursos hídricos, da mesma forma que estamos trabalhando na Bacia do Rio Camanducaia.

Referências

HAGAN, J. E.; EASTMAN, J. R.; AUBLE, J. Cartalinx: the spatial data builder: user's guide. Version 1.0. Worcester: Clark Labs, 1998. 201 p.

SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p. il.

Simulação hidrológica de grandes bacias - aplicação do MGB-IPH na Bacia do Rio Ji-Paraná (RO)

Hydrological modeling of large river basins - use of the MGB-IPH model for the Ji-Paraná River Basin, Rondônia, Brazil

Daniel de Castro Victoria¹; Adriano Rolim da Paz²;
Ricardo Guimarães Andrade¹

Resumo

Os modelos hidrológicos visam simular os fluxos de energia e água em uma área de estudo. Este processo possibilita uma maior compreensão do funcionamento do ciclo hidrológico além de permitir avaliar os impactos que ações naturais ou humanas possam ter sobre a disponibilidade hídrica. Este trabalho apresenta as etapas realizadas para a calibração e verificação da simulação hidrológica da Bacia do Rio Ji-Paraná (RO), utilizando o MGB-IPH. O modelo simulou de forma adequada a vazão na maioria dos trechos da bacia.

Termos para indexação: modelo hidrológico, recursos hídricos, simulação, MGB-IPH.

Abstract

Hydrological models simulate the energy and water fluxes over a studied area. This process allows us to better understand the hydrological cycle and can help identify the impacts that natural and human actions have on water resources. In this paper, we present the calibration and verification of the hydrological simulation of the Ji-Paraná River Basin (Rondônia, Brazil), carried out using

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, {daniel.victoria;ricardo.andrade}@embrapa.br

² Universidade Federal da Paraíba, adrianorpaz@yahoo.com.br

the MGB-IPH model. The basin discharge was well represented by the model in the majority of the basin evaluated transects.

Index terms: hydrological modeling, water resources, simulation, MGB-IPH.

Introdução

Os modelos hidrológicos permitem simular os fluxos de água e energia envolvidos no ciclo hidrológico. Tais ferramentas auxiliam na compreensão do fenômeno estudado além de permitir a avaliação de diferentes cenários de atuação, identificando efeitos de ações antrópicas ou naturais nos recursos hídricos. Existem diferentes modelos hidrológicos que podem ser utilizados, sendo alguns mais adequados para pequenas bacias, outros utilizados para avaliações de qualidade da água etc. O Modelo de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (MGB-IPH) (COLLISCHONN et al., 2007) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi desenvolvido para simulações de grandes bacias, superiores a 10 mil km². Neste trabalho são apresentados os passos necessários para a calibração e verificação da simulação hidrológica da Bacia do Rio Ji-Paraná (RO).

Material e métodos

A Bacia do Rio Ji-Paraná possui área de aproximadamente 75 mil km², localizada no leste do estado de Rondônia. Para a simulação hidrológica são necessários dados climáticos diários (temperatura, umidade relativa, vento, insolação, pressão atmosférica e precipitação), informações sobre a bacia (solo, cobertura vegetal e características do solo e vegetação, topografia) e medidas da vazão dos rios para fins de calibração e verificação do modelo.

Foram coletados dados meteorológicos da região disponíveis na base de dados do Sistema Integrado de Dados Ambientais (Sinda) (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013) e no portal do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) (BRASIL, 2013). Após verificação dos dados foram identificadas 7 estações com informações diárias e com pequena quantidade de falhas, entre os anos 1991 e 2009. Dados pluviométricos e pluviométricos foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013). Todas as 80 estações pluviométricas da área de estudo foram consideradas na interpolação dos dados, porém, isso não significa que todas as estações foram utilizadas. Apenas os dados existentes em cada um dos dias e em cada estação foram utilizados na interpolação. Dados de vazão de 8 sub-bacias foram utilizados para a calibração e verificação do modelo.

O mapa pedológico da bacia (EMBRAPA, 1983) foi cruzado com o mapa de uso e cobertura da terra (BALLESTER et al., 2003) a fim de identificar as 13

maiores Unidades de Resposta Hidrológica (URTs), áreas com características semelhantes de solo e cobertura vegetal.

De posse dos dados hidrometeorológicos e da descrição física da bacia, foi realizada a calibração automática do modelo, de forma que a vazão diária simulada no período de 1991 a 2000 fosse a mais próxima possível da vazão observada. Em seguida, os parâmetros de calibração foram fixados e a vazão simulada no período de 2001 a 2009 foi comparada com a vazão observada. Estas etapas utilizaram os parâmetros de ajuste Nash, log (Nash) e a diferença de volume das vazões para avaliar a acurácia da simulação (COLLISCHONN, 2001).

Resultados

A calibração do modelo MGB-IPH para a Bacia do Rio Ji-Paraná se mostrou viável, resultando em elevados coeficientes de ajuste principalmente quanto às vazões mínimas, medido pelo coeficiente log (Nash). Em todos os trechos simulados, o coeficiente log (Nash) foi igual ou superior a 0,6 durante a verificação do modelo, o que indica que as vazões de base foram bem representadas. Quanto ao coeficiente Nash, que mede o ajuste das vazões como um todo, algumas sub-bacias apresentaram resultados baixos no período de calibração, principalmente a Sub-bacia Piratininga, causado por uma superestimativa das vazões máximas da bacia, o que também ocasionou uma superestimativa no volume de água produzido (dV = 41%). Durante o período de verificação (2001 a 2009), a Sub-bacia Piratininga continuou a apresentar o pior ajuste, enquanto que os resultados das outras sub-bacias foram próximos aos obtidos no período de calibração, mostrando uma estabilidade nos resultados gerados pelo modelo (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de ajuste Nash, log (Nash) e diferença de volume (dV) para as 8 sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Ji-Paraná (RO), nas fases de calibração e verificação.

Estação ANA	Calibração 1991 a 2000			Verificação 2001 a 2009		
	Nash	log(Nash)	dV	Nash	log(Nash)	dV
Primavera	0.597	0.787	7.04	0.58	0.783	10.388
Flor do Campo	0.512	0.612	6.409	0.488	0.601	8.637
Bela Vista	0.759	0.843	6.322	0.75	0.832	9.213
Ji-Paraná	0.864	0.904	9.795	0.857	0.897	11.803
Jarú	0.834	0.905	0.807	0.829	0.906	-0.57
Piratininga	0.047	0.747	41.273	0.017	0.738	42.271
Tabajara	0.795	0.925	18.537	0.779	0.918	19.44
Jacundá	0.671	0.864	16.912	0.705	0.875	12.161

Conclusões e trabalhos futuros

O modelo MGB-IPH se mostrou adequado para a simulação da Bacia do Rio Ji-Paraná, com elevados valores nos coeficientes de ajuste Nash e log (Nash). A exceção foi a Sub-bacia de Piratininga, que apesar de ter sua vazão de base bem simulada, apresentou problemas nas vazões máximas, resultando em ajuste ruim.

Trabalhos futuros irão verificar as razões pelas quais os resultados na Bacia de Piratininga não se mostraram adequados. Também será avaliada a evapotranspiração e umidade do solo calculadas pelo modelo, verificando outros componentes do ciclo hidrológico.

Referências

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, D. de C.; KRUSCHE, A. V.; COBUM, R.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E.; LOGSDON, M. G.; MAYORGA, E.; MATRICARDI, E. A remote sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Parana river basin (Western Amazonia). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 87, n. 4, p. 429-445, Nov. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agritempo**. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. 2001. 270 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C. da; TUCCI, C. E. M. The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling. **Hydrological Sciences Journal**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 878-895, Oct.. 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Estado de Rondônia**. Rio de Janeiro, 1983. 896 p. il.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA)**. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

Estimativas de precipitação por sensor remoto orbital na simulação hidrológica de grandes bacias

Precipitation estimates from orbital remote sensing in simulation of large scale hidrological watershed

Daniel de Castro Victoria¹; Adriano Rolim da Paz²;
Ricardo Guimarães Andrade¹

Resumo

Modelos hidrológicos podem ser utilizados para estudos dos impactos de ações antrópicas sobre os recursos hídricos. Para tal, é imprescindível dispor de informações que descrevam a bacia simulada, bem como dados meteorológicos. Isso pode ser um empecilho para estudos em áreas com poucas estações meteorológicas. No entanto, o uso de dados oriundos de sensores remotos pode ser uma alternativa. Dados de precipitação obtidos a partir do sensor orbital *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) foram utilizados como entrada em um modelo hidrológico para grandes bacias. Os resultados obtidos na escala mensal foram semelhantes aos obtidos utilizando dados de estações pluviométricas, mostrando a aplicabilidade do sensoriamento remoto.

Termos para indexação: modelo hidrológico, TRMM, MGB-IPH, Ji-Paraná.

Abstract

Hydrological models can be used to evaluate human induced impacts on water resources. Such applications demand data describing the watershed along with

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, {daniel.victoria;ricardo.andrade}@embrapa.br

² Universidade Federal da Paraíba, adrianorpaz@yahoo.com.br

meteorological data. However, some regions don't have an adequate cover in terms of meteorological station, thus remote sensing estimates can become an alternative. Precipitation estimates from the remote sensing satellite TRMM were used as input in a large scale hydrological model. Simulated discharge using such estimates were similar to results obtained using meteorological station data at monthly time scales.

Index terms: hydrological modeling, TRMM, MGB-IPH, Ji-Paraná.

Introdução

Os modelos hidrológicos permitem simular os fluxos de água e energia envolvidos no ciclo hidrológico e podem ser utilizados na avaliação de cenários de atuação, identificando efeitos de ações antrópicas ou naturais nos recursos hídricos. Para tal, é imprescindível dispor de informações da área estudada, como dados das características físicas da bacia (topografia, solo, cobertura vegetal), além de informações meteorológicas e pluviométricas. Para estudos em áreas com pouca cobertura de estações meteorológicas, a utilização de dados oriundos de sensores remotos se torna muito importante. Estimativas de precipitação realizadas pelo satélite TRMM podem ser utilizadas como entrada na simulação hidrológica de grandes bacias (COLLISCHONN et al., 2008). No presente trabalho foram utilizados dados de estações pluviométricas e do satélite TRMM na simulação da descarga em oito trechos da Bacia do Rio Ji-Paraná, a partir do modelo MGB-IPH (COLLISCHONN et al., 2007).

Material e métodos

A Bacia do Rio Ji-Paraná possui área de, aproximadamente, 75 mil km², localizada no leste do Estado de Rondônia. Para a simulação hidrológica são necessários dados climáticos diários (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, insolação, pressão atmosférica e precipitação), informações sobre a bacia (solo, cobertura vegetal e topografia) e medidas da vazão dos rios para fins de calibração e verificação do modelo. Utilizando dados de estações meteorológicas e pluviométricas, o modelo hidrológico MGB-IPH foi calibrado e verificado em oito trechos da bacia estudada. A descarga simulada apresentou boa concordância com os dados observados na maioria dos trechos (em elaboração)¹.

¹ Simulação hidrológica de grandes bacias: aplicação do MGB-IPH na Bacia do Rio Ji-Paraná (RO), autoria de Daniel de Castro Victoria, Adriano Rolim da Paz e Ricardo Guimarães Andrade, a ser editado pela Embrapa, 2014. II Seminário da Rede AgroHidro, Campinas, 2014.

Dados de precipitação diária do sensor remoto TRMM, produto 3B42 v.7, de 1998 a 2011, foram obtidos no portal Mirador, Nasa Goddard (ESTADOS UNIDOS, 2013). Uma rotina computacional Python foi desenvolvida para converter os dados do formato binário para o formato utilizado pelo modelo hidrológico. Por fim, os dados de precipitação do sensor TRMM foram inseridos no modelo hidrológico calibrado para a Bacia do Rio Ji-Paraná e as vazões estimadas nos oito trechos foi comparada com a vazão estimada a partir de dados de estações pluviométricas, utilizando o coeficiente de Nash-Sutcliffe.

Resultados

A vazão em oito trechos da Bacia do Rio Ji-Paraná (RO) foi simulada a partir de duas fontes de dados de precipitação: estações pluviométricas e estimativa pelo satélite TRMM. O modelo MGB-IPH, calibrado a partir dos diários das estações pluviométricas simulou corretamente a descarga na maioria dos trechos avaliados. Quando houve a substituição dos dados das estações por dados do sensor remoto, a descarga mensal simulada mostrou-se semelhante aos resultados obtidos a partir das estações (Figura 1). O coeficiente de ajuste Nash-Sutcliffe entre as simulações utilizando as duas fontes de dados mostrou-se elevado, com valores acima de 0,76 para todos os trechos, exceto o da Sub-bacia Mineração Jacundá (Nash = 0,48). Este resultado pode estar relacionado com o fato desta ser a menor sub-bacia avaliada. Isso porque os dados do sensor TRMM apresentam baixa resolução espacial (0,25° ~ 25 km), o que pode dificultar a representação da precipitação na região. Avaliações futuras deverão ser realizadas para identificar a causa desta maior divergência.

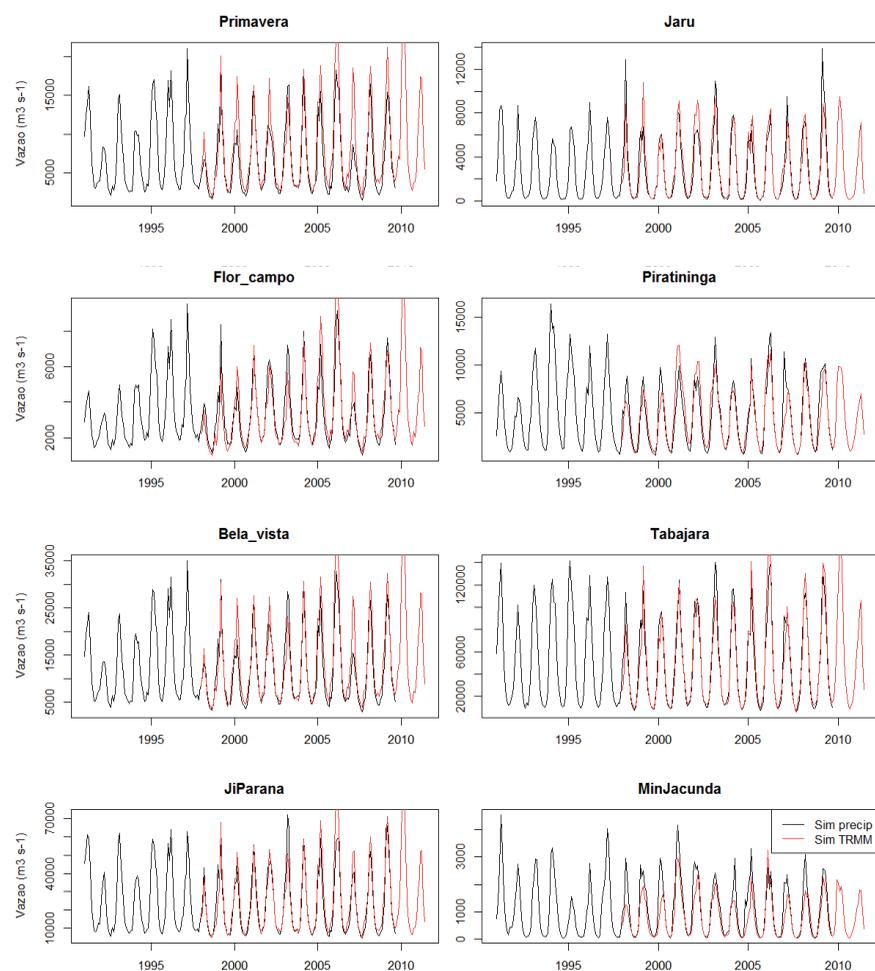


Figura 1. Vazões mensais simuladas em 8 trechos da Bacia do Rio Ji-Paraná a partir de dados de estações pluviométricas (preto) e do satélite TRMM (vermelho).

Conclusões e trabalhos futuros

As vazões mensais simuladas a partir de estimativas de precipitação pelo sensor TRMM foram semelhantes às obtidas utilizando dados de estações pluviométricas. Isso indica que o sensor TRMM pode ser aplicado em modelos hidrológicos de grande bacia na região, em substituição aos dados de estações. Trabalhos futuros devem ser realizados com objetivo de avaliar as causas das maiores divergências das estimativas da precipitação que ocorreram na Sub-bacia Mineração Jacundá e se estas estão relacionadas à menor

área ou se existem divergências entre os dados das estações pluviométricas e do satélite na região. Pretende-se também avaliar, em trabalhos futuros, as estimativas em escala diária e verificar se os dados de precipitação obtidos pelo sensor TRMM podem ser utilizados para aplicações semelhantes em diferentes regiões do Brasil.

Referências

COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 360, n. 1-4, p. 207-216, Oct. 2008.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C. da; TUCCI, C. E. M. The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling. **Hydrological Sciences Journal**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 878-895, Oct. 2007.

ESTADOS UNIDOS. National Aeronautics and Space Administration. **Mirador earth sciences data search tool**. Disponível em: <<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 27 dez. 2013.

Aplicação de geotecnologias na gestão e disponibilização de informação aos usuários de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba

Geotechnologies application on data management and information providing for water resources users in the Japarutuba River Basin, Brazil

Marcus Aurélio Soares Cruz*¹;
Julio Roberto Araujo de Amorim¹; Ricardo de Aragão²;
Rafael Rodrigues de Souza Silva¹; Paulo Vinicius Melo da Mota¹

Resumo

Este trabalho apresenta a base de dados da Bacia do Rio Japarutuba, desenvolvida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros e diversos parceiros, como um sistema que possibilita ao usuário consultas rápidas à informação organizada espacialmente na bacia, funcionando como mais uma ferramenta de suporte à tomada de decisão por parte dos órgãos públicos e comitês de bacia.

Termos para indexação: base de dados, Sistema de Informação Geográfica, Quantum GIS.

Abstract

This work provides the database of the Japarutuba River Basin, Brazil, developed by Embrapa Coastal Tablelands and several partners, as a system that allows a fast search for spatially organized information in the basin,

¹ Embrapa Tabuleiros Costeiros, {marcus.cruz;julio.amorim}@embrapa.br; maximusrrss@hotmail.com; paulovin@live.com

² Universidade Federal da Paraíba, ricardoaragao@yahoo.com.br

working as one more tool to support decision making by public agencies and watershed committees.

Index terms: database, Geographic Information Systems, Quantum GIS.

Introdução

A Lei Complementar 9.433/97 (BRASIL, 1997) definiu a gestão dos recursos hídricos no Brasil e apontou a bacia hidrográfica como sua unidade de planejamento. Porém, observa-se ainda no País uma carência de fontes de informações organizadas e que tenham o atributo da localização espacial como mecanismo de integração. Neste sentido, bases de dados com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) apresentam-se como instrumentos indispensáveis para os processos associados à tomada de decisão relacionada à gestão dos recursos naturais.

A Bacia do Rio Japarutuba, em Sergipe, apresenta intensa atividade agropecuária, com destaque para cana-de-açúcar e pastagens e vem apresentando alterações no regime hidrológico do Rio Japarutuba e de seus afluentes, como o Rio Siriri, além de focos de degradação ambiental, com perda da qualidade da água, erosão de margens e assoreamento dos rios (ARACAJU, 2011). Este resumo apresenta uma base de dados organizada visando à avaliação dos impactos das alterações de uso da terra e das mudanças climáticas, bem como constituir-se em ferramenta importante para o planejamento de políticas públicas voltadas para a conservação dos recursos hídricos na Bacia do Rio Japarutuba.

Material e método

A Bacia do Rio Japarutuba localiza-se entre as coordenadas geográficas 37°19' O, 10°13' S e 36°47' O, 10°47' S, com cerca de 1.700 km², o que representa aproximadamente 7,8% da área do Estado de Sergipe, totalmente contida pelos limites deste. Esta bacia apresenta baixa disponibilidade hídrica, no entanto, suas águas são intensamente utilizadas nas atividades de exploração mineral (petróleo/gás e potássio), abastecimento humano e irrigação. A bacia abriga cerca de 6% da população do estado (120 mil pessoas) em 18 municípios. A precipitação na bacia apresenta valores anuais médios de 1.270 mm, com cerca de 900 mm/ano na sua porção extrema noroeste e 1.500 mm/ano junto à sua foz (ARACAJU, 2011).

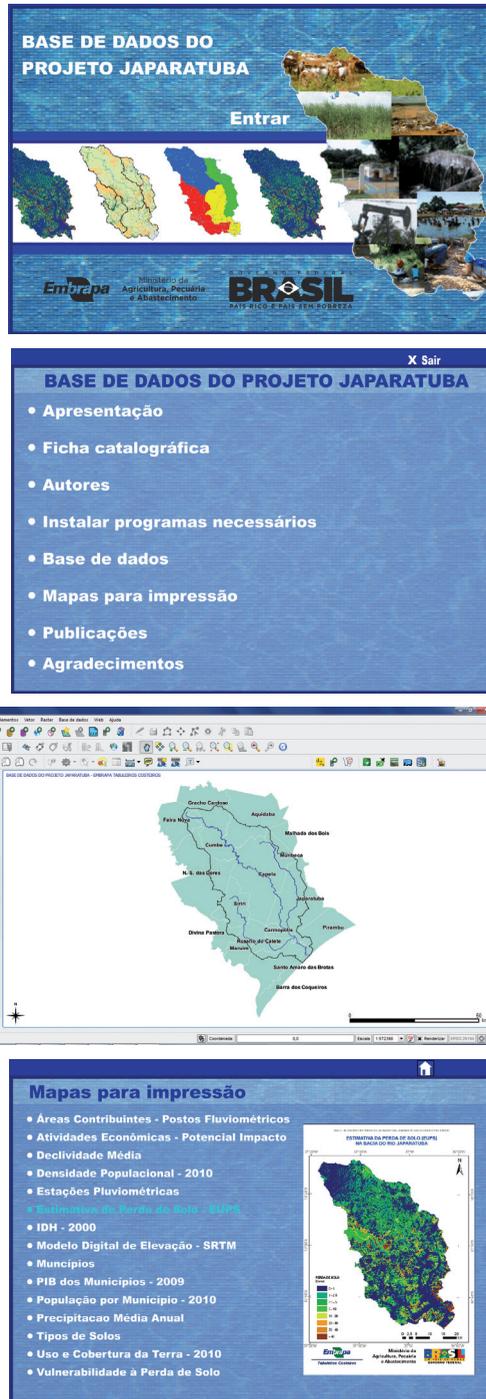
A Embrapa Tabuleiros Costeiros vem desenvolvendo estudos nessa bacia há mais de cinco anos em parceria com instituições públicas, tais como: Universidade Federal de Sergipe (UFS), Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba. Dentre os projetos destacam-se o MP3/Embrapa "Aplicação de ferra-

mentas de geoprocessamento e de modelagem matemática na avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas na Bacia do Rio Japarutuba, em Sergipe"; o MCT/FINEP "Estudos hidrológicos e sedimentológicos em bacias experimentais e representativas do semiárido e cerrado" sob a coordenação da UFS e o MP1/Embrapa AGROHIDRO. As diversas informações levantadas e produzidas nos projetos estão sendo georreferenciadas em SIRGAS2000 e organizadas por temas em uma Base de Dados com interface desenvolvida em Adobe Flash (ADOBE SYSTEMS INCORPORATED, 2013), associada a um SIG, o Quantum GIS (SHERMAN et al., 2012). Também estão armazenados nesta base de dados, os documentos produzidos durante a realização dos estudos, incluindo relatórios técnicos e artigos científicos. A seguir, são descritas algumas das informações contidas no sistema.

Resultados e discussão

A Base de Dados do Projeto Japarutuba (Figura 1) permite ao

Figura 1. Exemplos de telas da base de dados da Bacia do Rio Japarutuba.



usuário o acesso rápido e o cruzamento de informações como as descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das camadas de informação presentes na base de dados.

Camada de Informação	Descrição
Altimetria	Modelos digitais de elevação SRTM (90 m).
Atividades econômicas	Atividades com potencial de impacto ambiental.
Regiões climáticas	Litoral úmido, agreste e semiárido.
Estações de monitoramento	Pluviométricas (12) e fluviométricas (5).
Distribuição de chuvas	Distribuição espacial de chuvas médias mensais e anual.
Declividades	Médias e por sub-bacias.
Divisão política	Municípios e sedes municipais.
Geologia	Classificação geológica
Geomorfologia	Unidades de paisagem
Limites de bacias	Vetores limites sub-bacias dos postos fluviométricos.
Gestão hídrica	Unidades de planejamento, outorgas e subáreas (>1 km ²).
Hidrografia	Principal e secundária
Qualidade da água	Superficial e subterrâneas (físico-químicos, IQA, biológicos, agrotóxicos)
Sedimentos	Estimativa de produção, parâmetros físicos, químicos, metais, orgânicos e agrotóxicos
Socioeconomia	Por município/setores censitários (IBGE, 2010) – população total/bacia, densidade populacional, IDH, PIB total e per capita.
Solos	Classificação dos solos na bacia segundo Santos et al. (2006).
Imagens de satélite	SPOT/2005 (ARACAJU, 2011), LANDSAT/2009; ALOS/2010.
Uso da terra	Classificação de uso da terra para o ano de 2010.
Vulnerabilidade	Perda de solo

Considerações finais

Espera-se que a Base de dados da Bacia do Rio Japarutuba permita aos interessados, tais como: técnicos, pesquisadores, estudantes, entre outros, acesso facilitado a informações que auxiliem no desenvolvimento de novos estudos na bacia, contribuindo para uma melhor gestão das águas e difundindo a cultura de preservação dos recursos naturais.

Referências

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. **Adobe Flash Professional**: ajuda e tutoriais, 2013.

ARACAJU. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas de recursos hídricos do Estado de Sergipe**. Aracaju, 2011. 1 CD-ROM.

BRASIL. Lei Complementar 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 de janeiro de 1997, pt.470.

IBGE. Censo demográfico. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 9 dez. 2013.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. **Soil and water assessment tool**: theoretical documentation. Version 2005. Temple: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service. 2005. Disponível em: <<http://swat.tamu.edu/media/1292/swat2005theory.pdf>>. Acesso em: 9 dez. 2013

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SHERMAN G. E.; SUTTON, T.; BLAZEK, R.; HOLL, S.; DASSAU, O.; MORELY, B.; MITCHELL T AND LUTTMAN L. 2012. **Quantum GIS user guide. Version 1.7 "Wroclaw"**. Acesso em: 12 dez. 2013. Disponível em: <http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.

Análise da variação temporal da precipitação mensal na Bacia do Rio Pontal em Pernambuco

Time series analysis of monthly rainfall at Pontal River Basin in Pernambuco, Brasil

Clóvis Manoel Carvalho Ramos*¹;
Luís Henrique Bassoi²; Célia Regina Lopes Zimback³

Resumo

A determinação prévia da variação de elementos climatológicos ao longo do ano é de interesse do planejamento e de previsão de cenários na agricultura. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade temporal da precipitação pluvial na Bacia do Rio Pontal, nos municípios de Petrolina e Afrânio, em Pernambuco, utilizando técnicas geoestatísticas. Foram utilizados os dados das ocorrências mensais de chuva em cinco estações meteorológicas, pertencentes à Embrapa Semiárido e Agência Nacional de Águas. Observou-se que tais ocorrências apresentaram dependência temporal utilizando o variograma como ferramenta de análise.

Termos para indexação: semiárido, variograma, análise temporal, bacia hidrográfica.

Abstract

Previsé the variation of climatological elements throughout the year is interest to the planning and forecasting scenarios in agriculture. This study

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, clovis.ramos@univasf.edu.br

² Embrapa Semiárido, luis.bassoi@embrapa.br

³ Universidade Estadual Paulista, czimback@gmail.com

aimed to assess the temporal variability of rainfall in the Pontal River Basin, in the Petrolina and Afrânio cities in Pernambuco, Brazil, using geostatistical techniques. The data of monthly rainfall occurrences in five weather stations belonging to Embrapa Semiárido and National Water Agency. It was observed that monthly rain events showed temporal dependence using the variogram.

Index terms: semiarid, variogram, temporal analysis, river basin.

Introdução

Estudos visando ao mapeamento da precipitação pluvial têm sido desenvolvidos com aplicação de várias técnicas, devido à pequena disponibilidade de dados climáticos e hidrológicos, comparada com grandes extensões territoriais (MARQUÍNEZ et al., 2003; MARTINEZ-COB, 1996; MELLO et al., 2007). O fenômeno da precipitação pluvial é considerado probabilístico e aleatório pela hidrologia estocástica, mas passível de ajuste de modelos estocásticos multivariados (DALY et al., 1994; GOODALE et al., 1998; WU et al., 2006). Sendo assim, a variabilidade temporal pode ser estudada por meio das ferramentas da geoestatística, em que os valores de uma variável estão relacionados à sua disposição temporal. Almeida et al. (2011) obtiveram melhores resultados na estimação da precipitação, com geoestatística, em comparação ao modelo de série temporal Sarima. A precipitação pluviométrica registra historicamente totais anuais inferiores a 600 mm, com trimestre mais chuvoso de janeiro a março, e déficit hídrico em 8 a 10 meses (REDDY; AMORIM NETO, 1983).

Material e métodos

A Bacia do Rio Pontal está situada no estado de Pernambuco e tem seu dreno natural como tributário do Rio São Francisco na sua margem esquerda. Foram utilizados os dados de ocorrência mensal de precipitação pluvial da estação de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido (09° 09' S; 40° 22' W, Petrolina-PE) com 39 anos de dados e as estações de Afrânio (08 29' S, 41° 00' W, Afrânio-PE) com 19 anos de dados, Arizona (08° 40' S, 40° 58' W, Afrânio-PE) com 61 anos de dados, Fazenda Poço da Pedra (08° 32' S, 40° 39' W, Petrolina-PE) com 28 anos de dados e Sítio Carretão (08° 42' S, 40° 37' W, Petrolina-PE) com 30 anos de dados obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do software Hidros. Na análise geoestatística dos dados a distância h foi substituída pelo intervalo de tempo t ; no modelo de variograma utilizado. Em que: $\gamma(h)$ é o variograma para um vetor mês t ; $Z(x)$ e $Z(x+h)$ são os pares de valores de precipitação separados por um intervalo de tempo (mês); $N(h)$ é o número de pares de valores medidos. Do ajuste de um modelo matemático foram estimados os coeficientes efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C) e o alcance (A_0) do modelo teórico para o variograma. Os modelos foram ajustados pelo programa GS+ 7.0 (ROBERTSON, 2004). O

índice de dependência temporal (IDT) considerou-se a classificação proposta por Zimback (2001) para dependência espacial.

Discussão dos resultados

O ajuste do variograma pode ser observado na Figura 1. O modelo teórico que se ajustou ao variograma experimental dos dados foi o esférico para todos os casos. A dependência temporal foi moderada com valores próximos entre elas apesar da diferença dos períodos analisados (Tabela 1). Os resultados diferem dos encontrados por Silva et al. (2003), que encontrou efeito

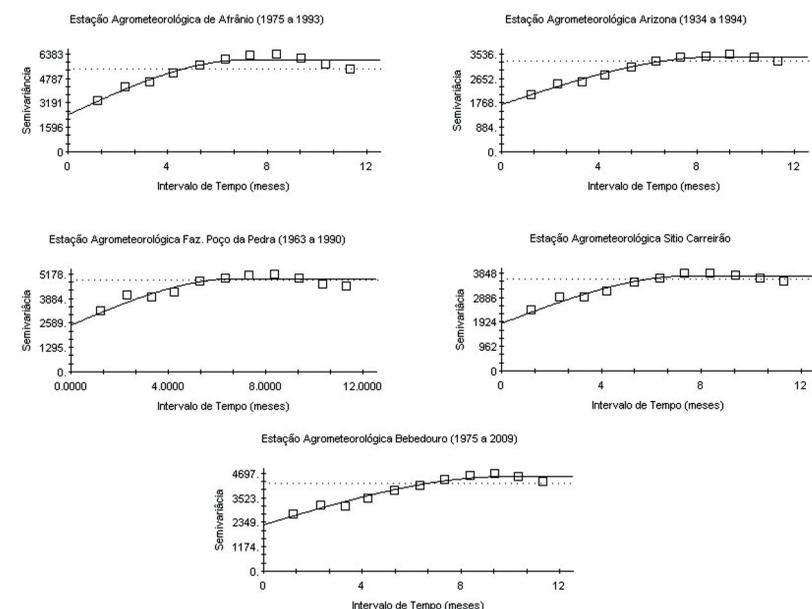


Figura 1. Modelos e parâmetros do variograma da precipitação pluviométrica mensal para cada uma das estações estudadas da Bacia do Rio Pontal.

Tabela 1. Modelos e parâmetros dos variogramas da precipitação pluviométrica mensal para as estações meteorológicas estudadas.

Estação	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	r^2	IDT (%)
Afrânio	esférico	2410	5998	7,1	0,92	60
Arizona	esférico	1710	3439	8,9	0,97	50
Faz. Poço da Pedra	esférico	2469	4939	6,8	0,87	50
Sítio Carreirão	esférico	1871	3743	7,6	0,94	50
Bebedouro	esférico	2234	4551	9,9	0,96	51

pepita puro na análise variográfica da precipitação pluvial em Uberaba, MG. Vale ressaltar que este autor analisou a variação da precipitação de cada mês ao longo de vários anos, e o que se observa é que a dependência temporal ocorre entre os meses ao longo do ano. Verificou-se que o alcance para a precipitação pluvial variou entre 6,8 a 9,9 meses, tal observação sugere um período homogêneo de nove meses na distribuição da precipitação. Moura et al. (2006), analisando a variação da precipitação na Região do Sub-médio São Francisco, observaram a existência de um quadrimestre mais chuvoso, que concentra a maior parte da precipitação, com o restante do ano praticamente sem chuva. Galvncio e Moura (2005) observaram que a estação seca (ausência de chuvas), de um modo geral, estende-se em torno de sete meses do ano em períodos normais, ou às vezes mais longos em períodos de estiagem para o estado de Pernambuco, variando assim entre cinco a três meses o período de chuva na região. Tais informações concordam com as observações de Carvalho e Egler (2003), uma vez que a variabilidade pluviométrica, no tempo, significa que as chuvas que ocorrem em um determinado território, acontecem em um número reduzido de dias, ao longo do período normal de ocorrência das chuvas no Semiárido (3 a 5 meses), alcançando volume equivalente ou próximo das médias normais históricas, registradas para aquele território. Desta forma, a análise das ocorrências de chuvas mensais utilizando o ajuste de variograma foi possível verificar o regime pluviométrico, para as estações estudadas.

Conclusões

Observou-se dependência temporal na precipitação mensal em todas as estações agrometeorológicas estudadas.

Foi possível ajustar um variograma teórico no modelo esférico para a ocorrência de chuva mensal, em todas as estações estudadas.

Referências

- ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G.; RASCON, N. JR. L.; LIMA, E. P. Geoes-tatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 354-358, abr. 2011.
- CARVALHO, O.; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o nordeste Semi-Árido**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2003, 204 p.
- DALY, C.; NEILSON, R. P.; PHILLIPS, D. L. A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 33, n. 22, p. 140-158, Feb.1994.
- GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; RIBEIRO, J. G. Análise Fisiográfica e da Dinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Pontal - PE. In: SIMPOSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8., 2006, Gravata. **Anais...** Gravata: ABRH, 2006. p. 1-14.

GOODALE, C. L.; ALBER, J. D.; OLLINGER, S. V. Mapping monthly precipitation, temperature and solar radiation for Ireland with polynomial regression and digital elevation model. **Climate Research**, Oldendorf, v. 10, n. 1, p. 35-49, Apr. 1998.

MARQUÍNEZ, J.; LASTRA, J.; GARCIA, P. Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 270, n. 1, p. 1-11, Jan. 2003.

MARTINEZ-COB, A. Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and precipitation in mountainous terrain. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 174, n. 1-2, p. 19-35, Jan. 1996.

MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C.; CURTI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 537-545, abr. 2007.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; SA, I. I. S.; RIBEIRO, J. G.; SILVA, T. G. F. DA. Variação espacial da precipitação e temperatura o ar no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 280 p.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide. Plainwell: Gamma Desing Software, 2004. 152 p.

SILVA, J. W. da; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 27, n. 3, p. 665-674, maio/jun.2003.

WU, S.-J.; TUNG, Y.-K.; YANG, J.-C. Stochastic generation of hourly rainstorm events. **Stochastic Environmental Research Risk Assessment**, v. 21, p. 195-212, Jun. 2006.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Metodologia para avaliação de impactos de mudanças climáticas na demanda de água para agricultura irrigada em nível de bacia hidrográfica

River basin scale irrigation water needs climate change impact assessment methodology

Rubens Sonsol Gondim^{1*}; Aline de Holanda Nunes Maia²;
Sílvio Roberto Medeiros Evangelista³

Resumo

Propomos uma metodologia para avaliação de impactos das mudanças climáticas na demanda de água para irrigação em nível de bacia hidrográfica, utilizando integração de modelos, na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. Foi empregado o sistema integrado de modelagem regional *Providing Regional Climates for Impact Studies* (Precis), submetido ao método de redução de escala dinâmica, utilizando-se o modelo climático regional HadRM3P com as condições de contorno do modelo global HadAM3P, do Hadley Centre. Foi utilizado um conjunto de climatologia de base do modelo de 1961 a 1990 e de projeções climáticas futuras (2040) com resolução de 0,44° x 0,44°. As coordenadas geográficas da região em estudo foram consideradas para interpolação, num sistema de informação geográfica abrangendo área de 6.415,10 km². A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método simplificado de Penman-Monteith FAO, utilizando-se dados mínimos. O aumento da necessidade hídrica bruta média foi estimado em 33,62% e 37,87% respectivamente para o ano de 2040, conforme o cenário analisado (A2 e B2).

Termos para indexação: mudanças climáticas, irrigação, demanda hídrica.

¹ Embrapa Agroindústria Tropical, rubens.gondim@embrapa.br

² Embrapa Meio Ambiente, aline.maia@embrapa.br

³ Embrapa Informática Agropecuária, silvio.evangelista@embrapa.br

Abstract

We propose a river basin scale irrigation water needs climate change impact assessment methodology, using model integration on Jaguaribe river basin, Ceará, future scenarios derived from the Providing Regional Climates for Impacts Studies (Precis), using boundary conditions of the HadAM3P global circulation model submitted to a dynamic downscaling nested to the Hadley Centre regional circulation model HadRM3P. Monthly time series for average temperature and rainfall were generated for 1961-90 (baseline) and for the future (2040) with 0,44° x 0,44° resolution. Impacts were mapped over the target region by using geostatistics methods involving 6.415,10 km² area. An increase of the average irrigation water needs was estimated to be 33.62% e 37.87% higher for 2040 A2 and B2 scenarios, respectively.

Index terms: climate change, irrigation, water needs.

Introdução

A demanda hídrica está em constante incremento devido ao aumento populacional e desenvolvimento econômico. Temperaturas mais elevadas em decorrência de mudanças climáticas intensificam a evapotranspiração das plantas e, conseqüentemente, a demanda de água para irrigação. Os impactos das mudanças climáticas nas vazões e recarga de aquíferos variam regionalmente. As projeções de impactos, por sua vez, dependem dos cenários de emissão de gases de efeito estufa. A alteração da vazão dos cursos de água pode também resultar em alterações na qualidade da água. Assim, mudanças climáticas podem afetar substancialmente a quantidade e a qualidade de água requerida para irrigação, que depende de como a evaporação e precipitação irão se comportar (MCCARTH et al., 2001).

A demanda de água para agricultura, particularmente para irrigação, é considerada mais sensível às mudanças climáticas que as demandas industrial e municipal. Há dois efeitos potenciais: uma mudança do clima em escala de parcela irrigada pode alterar a necessidade e a época de irrigação. Secas prolongadas podem levar ao aumento de demanda, mas esta também pode ser reduzida se a precipitação e, conseqüentemente, a umidade do solo aumentar (MCCARTH et al., 2001).

Apesar da importância do assunto ser um consenso, os impactos das mudanças climáticas na demanda de água para irrigação têm sido pouco estudados no Brasil, principalmente porque Modelos de Circulação Global, largamente utilizados para simular cenários climáticos futuros, são geralmente inadequados para gerar projeções de mudanças climáticas em escalas locais. Binder (2006) recomendou maior detalhamento das projeções de mudanças climáticas para a escala de bacia hidrográfica, que, uma vez integradas a modelos hidrológicos, possibilitam o estudo de impactos das mudanças climáticas em recursos hídricos.

A agricultura irrigada influencia diretamente na disponibilidade da água numa bacia hidrográfica, especialmente numa região onde essa atividade é intensiva. O conhecimento local sobre o impacto de mudanças climáticas na demanda de água para irrigação fornecerá diretrizes para o desenvolvimento de políticas para redução de impactos e vulnerabilidades. Perdas sociais, econômicas e ambientais causadas por planejamento deficiente e ausência de critérios de decisão para definir medidas de mitigação e adaptação comprometeriam a equidade de acesso e sustentabilidade do uso da água.

Dentre os relevantes trabalhos de mudanças climáticas e impactos na demanda de água para irrigação citados neste trabalho, notadamente os de Rodríguez Díaz et al. (2007) e Silva et al. (2007), a metodologia aqui proposta difere das disponíveis na literatura especializada, devido à utilização de Modelo de Circulação Global submetido a técnicas de redução de escala dinâmica, aplicado em nível de bacia hidrográfica, considerando-se dados reais da área irrigada e da tecnologia empregada, assim como respectiva eficiência de aplicação de água na irrigação e o padrão de cultivo mensal da região e dados climáticos submetidos à correção de viés (GONDIM et al., 2012).

O objetivo desta publicação é discutir e apresentar uma abordagem metodológica para quantificação de impactos de mudanças climáticas sobre a demanda de água para irrigação, em nível de bacia hidrográfica, integrando projeções de cenários climáticos futuros, um modelo de demanda hídrica e informações locais sobre culturas e métodos de irrigação.

Material e métodos

Para a quantificação dos impactos de mudanças climáticas sobre a demanda de água para irrigação foi utilizada uma abordagem que integra um modelo climático regional, um modelo de demanda hídrica, utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG). A integração proposta possui o formato com fluxos de entradas e saídas, conforme Figura 1.

A *krigagem* é uma técnica de interpolação utilizada na Geoestatística para estimar valores de variáveis para locais não mensurados, por meio de observações adjacentes espacialmente correlacionadas. Na *krigagem* ordinária, os valores desconhecidos das variáveis de interesse são estimados por uma média ponderada de valores vizinhos. Os pesos são escolhidos de modo que esse estimador seja o melhor estimador linear não tendencioso (sem viés), para o caso de variáveis com distribuição Normal. Os pesos são derivados de uma função de covariância denominada variograma, que pode ser representada por diferentes modelos matemáticos. Nesse contexto, a *krigagem* é usada como um método de suavização das imagens e compatibilização das escalas dos dados da base *Climatic Research Unit* (CRU) e da *baseline* do modelo regionalizado.

Um conjunto de dados composto de uma climatologia de base do modelo de 1961-1990 (*baseline*) e projeções climáticas para períodos de três décadas

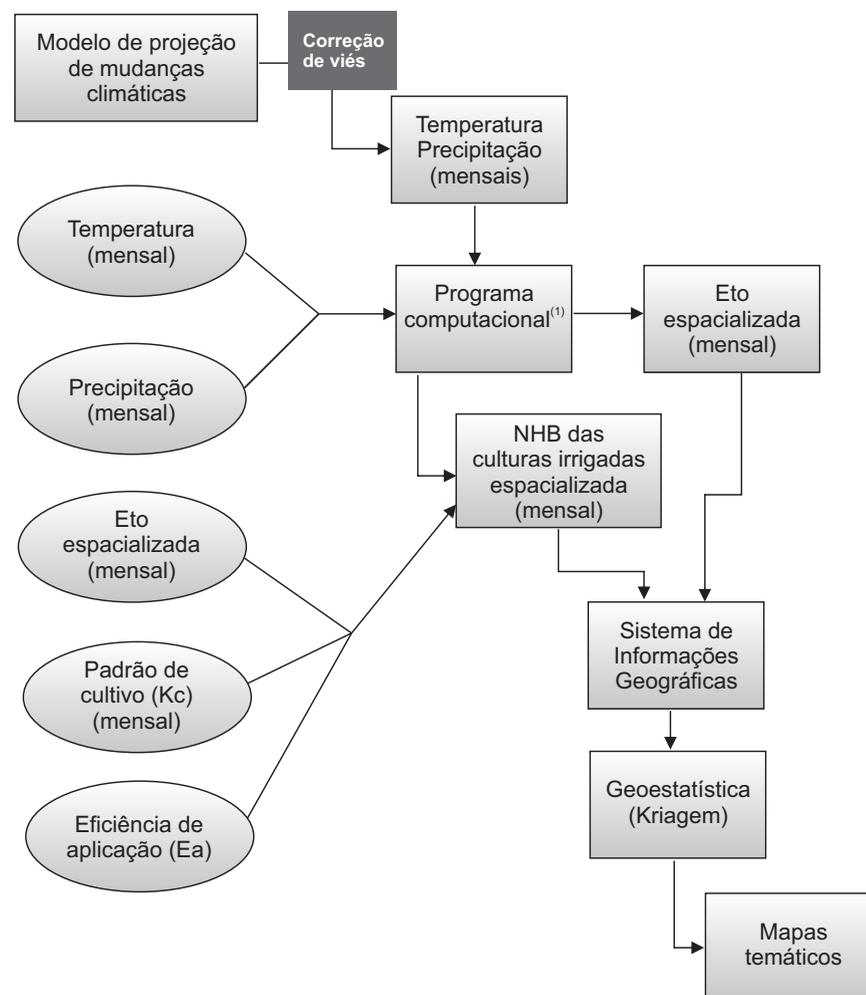


Figura 1. Esquema de integração de modelos para estimativa do de impactos das mudanças climáticas na demanda de água de irrigação.

(¹) Programa desenvolvido no ambiente *Statistical Analysis System* (SAS®)

no futuro é fornecido pelos modelos de mudanças climáticas. Os dados são então extraídos, considerando-se as coordenadas geográficas da região em estudo, na resolução disponível, gerando-se, assim, dados espacializados para cada variável, a fim de abranger toda a região estudada.

Os dados suavizados do modelo são visualizados espacialmente utilizando um sistema de informações geográficas.

A Figura 2 exemplifica os dados de saída do modelo (pontos). Os pontos representam centros de quadrículas com um valor médio de projeção para a

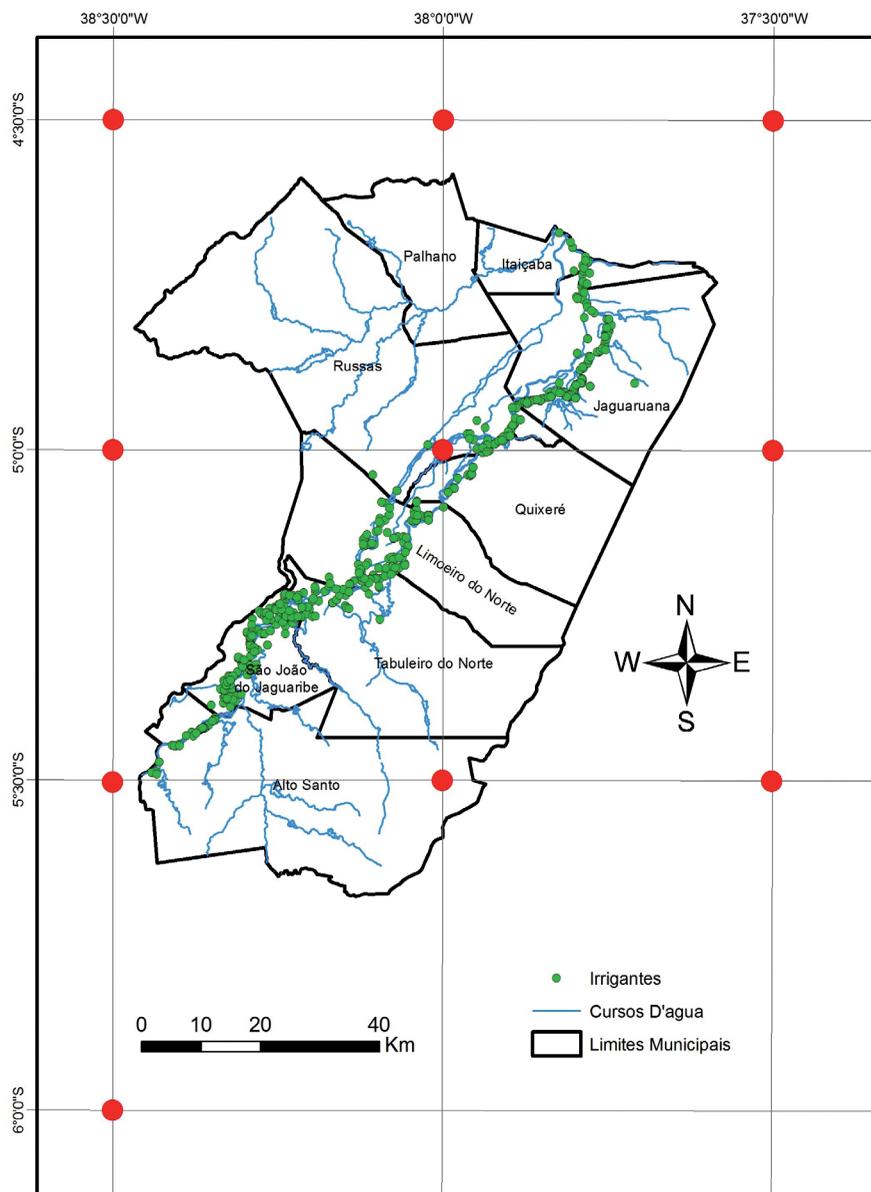


Figura 2. Mapa mostrando pontos utilizados para suavização por *krigagem* dos valores projetados das variáveis de interesse na área de estudo (domínio) na bacia do Jaguaribe, Ceará.

variável de interesse. Para facilitar a suavização dos dados, foram considerados alguns pontos fora do domínio, ultrapassando os limites da bacia.

A metodologia para estimar as necessidades de água da agricultura irrigada em nível de bacia foi utilizada por Knox et al. (1997) para a Inglaterra e País de Gales, por Tzanis e Naoum (2003) para a ilha de Creta, na Grécia, e por Victoria et al. (2005) para Santa Catarina (Brasil). Informações sobre o uso da terra permitem modelar a demanda volumétrica para irrigação. Os Sistemas de Informação Geográfica são utilizados para mapeamento da informação espacial dos dados meteorológicos e distribuição dos irrigantes, a fim de se estimar a demanda de irrigação, incorporando-se a variabilidade espacial e temporal das variáveis de demanda de água de irrigação, conforme realizado por George et al. (2004) no Uzbequistão e por Fortes et al. (2005) na Índia.

Na abordagem proposta, um modelo simples de balanço hídrico, utilizando precipitação e evapotranspiração mensal é aplicado, onde a demanda mensal de água para irrigação é estimada à medida que diferenças entre evapotranspiração das culturas e precipitação média mensal ocorrem. A evapotranspiração de referência (**ET_o**) é estimada, utilizando-se de dados espacializados da temperatura mensal (SILVA et al., 2007). Considerando-se a insuficiência de dados (disponibilidade apenas das temperaturas máxima e mínima), utiliza-se o modelo de Penman-Monteith FAO para estimativa da **ET_o** (**ET_oPM**) com dados limitados, conforme proposto por Allen et al. (1998). Metodologia similar foi empregada por Popova et al. (2006) na Bulgária e por Jabloun e Sahli (2008) na Tunísia. A evapotranspiração das culturas (**ET_c**) foi estimada como o produto entre a evapotranspiração de referência (**ET_oPM**) e o coeficiente de cultivo (**K_c**) para os diferentes estádios fenológicos, por meio da expressão apresentada por Doorenbos e Pruitt (1977):

$$ET_c = ET_o K_c \quad (1)$$

em que: **ET_c** - evapotranspiração da cultura, [L.T⁻¹];
ET_o - evapotranspiração de referência, [L.T⁻¹];
K_c - coeficiente de cultivo da cultura.

Considerando-se que esta metodologia busca quantificar a demanda de água para irrigação em escala de bacia e não para manejo de água em parcela irrigada, assume-se que no início das irrigações não haja *deficit* de umidade no solo (RODRÍGUEZ DÍAZ et al., 2007) e no cálculo da demanda máxima para irrigação pode-se empregar a precipitação mensal média e não a precipitação efetiva, conforme preconizado por Bernardo et al. (2005).

Os valores de coeficiente de cultivo (**K_c**) são utilizados de acordo com as durações dos estágios de desenvolvimento inicial, intermediário ou final das culturas identificadas na região. Eles podem ser extraídos de uma base de dados, disponível na página eletrônica da Embrapa Agroindústria Tropical¹ e em Allen et al. (1998).

¹ Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index.php>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

A necessidade de água para irrigação é relacionada ao clima, à área irrigada, ao tipo de cultura, ao período de cultivo e à tecnologia de irrigação que está sendo utilizada, considerando-se a eficiência do sistema adotado. A necessidade de irrigação líquida - Necessidade Hídrica Líquida (NHL) é definida como a quantidade de água que deve ser adicionada ao solo para que as culturas possam utilizar na evapotranspiração, a uma taxa ótima (BERNARDO et al., 2005).

A necessidade hídrica líquida das culturas - definida como a quantidade de água adicional à umidade no solo - que as plantas cultivadas devem receber para se desenvolverem sem estresse hídrico (FISCHER et al., 2007) é dada pela equação:

$$\text{NHL} = \text{ETc} - \text{Kc} - \text{ppt mensal média} \quad (2)$$

em que: **NHL** - necessidade hídrica líquida [L.T⁻¹];

ppt mensal média - precipitação mensal média [L.T⁻¹].

Sendo a **NHL** igual à evapotranspiração da cultura (**ETc**), a Necessidade Hídrica Bruta (**NHB**) foi estimada pela Equação 3, com base na metodologia apresentada por Cuenca (1989), utilizando-se a precipitação média, em lugar da efetiva. A partir da **NHL** e variação da eficiência de aplicação final de irrigação, pode-se estimar a **NHB**, a qual pode ser considerada como a necessidade de água para as plantas, incluindo-se as perdas ocorridas na irrigação, escoamento superficial ou percolação profunda.

$$\text{NHB} = \frac{\text{NHL}}{\text{Ea}} \quad (3)$$

NHB é a necessidade hídrica bruta [L3.T⁻¹].

Define-se um coeficiente de cultivo (**Kc**) mensal ponderado para a área total, correspondente à média ponderada dos **Kcs** de cada cultura, utilizando, como pesos, as respectivas áreas das culturas irrigadas e uma eficiência de aplicação mensal ponderada considerando os sistemas de irrigação em operação, correspondente à média ponderada das eficiências de cada sistema utilizando como peso as respectivas áreas dos sistemas de irrigação adotados.

Um exemplo de padrão temporal de cultivo das culturas irrigadas (anuais e perenes), em escala mensal, na bacia, é apresentado na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta exemplo de tipologia da agricultura irrigada praticada em determinada região, apresentando todas as áreas, as culturas irrigadas na bacia e os respectivos sistemas de irrigação adotados.

O padrão de cultivo mostra larga variabilidade de culturas irrigadas na área do estudo. A Tabela 3 apresenta a informação da área efetivamente irrigada em cada mês, o coeficiente de cultivo (**Kc**) mensal ponderado pela área de cada cultura irrigada e a eficiência de irrigação mensal ponderada pela área de cada sistema de irrigação adotado. Pode-se observar que a eficiência de irrigação ponderada varia de 0,62 (julho e novembro) a 0,71 (abril), quando

Tabela 1. Padrão temporal de cultivo mensal das culturas irrigadas.

Culturas	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Açaí	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acerola	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Algodão								X	X	X	X	X
Ata	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arroz							X	X	X	X	X	
Banana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caju	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Cana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Capim de pisoteio	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Citrus	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Coco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Feijão-de-corda							X	X		X	X	
Figo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Capim de corte	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Goiaba	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Hortaliças	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mandioca									X	X	X	X
Mamão	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manga	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Maracujá	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Melancia								X	X	X		
Melão								X	X		X	X
Milho (grão)								X	X	X	X	
Milho (verde)								X	X	X		
Ornamentais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pimenta								X	X	X	X	X
Pimentão									X	X	X	X
Sapoti	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Soja							X	X	X	X		
Sorgo								X	X	X	X	
Tomate								X	X	X	X	
Uva	X				X	X	X	X	X	X	X	X

Elaborada a partir de dados da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará. Fonte: Cogerh (2008).

a área de irrigação por inundação apresenta-se mínima (em torno de 110 ha).

Já a área irrigada variou de 1.163,3 ha no mês de março para um máximo de 5.956,6 ha no mês de outubro. O coeficiente de cultivo ponderado varia desde 0,87 (outubro), alcançando máximo de 1,11 e 1,10 em março e abril, quando se pratica irrigação complementar, basicamente em culturas perenes.

Tabela 2. Tipologia da agricultura irrigada (culturas, sistemas de irrigação e área máxima irrigada ao longo do ano).

Culturas	Sistemas de irrigação e área (ha)					Área total (ha)
	Inundação	Sulcos	Aspersão	Localizada	Pivot	
Açaí	-	-	-	9,00	-	9,00
Acerola	-	-	-	78,00	-	78,00
Algodão	-	-	-	-	275,00	275,00
Ata	1,50	4,20	-	96,70	15,75	118,15
Arroz	1.397,30	10,00	-	-	-	1.407,30
Banana	92,80	61,45	5,30	748,05	15,75	923,35
Caju	-	0,50	0,75	17,75	-	19,00
Cana	14,30	-	-	-	25,00	39,30
Capim de pisoteio	207,05	56,42	44,25	3,00	225,00	535,72
Citrus	53,75	44,35	-	3,50	-	101,60
Coco	2,45	1,20	1,80	93,50	-	98,95
Feijão-de-corda	63,50	131,40	509,05	48,25	125,00	877,20
Figo	-	-	-	0,50	-	0,50
Capim de corte	11,50	2,25	4,50	-	-	18,25
Goiaba	8,65	4,20	1,00	113,70	-	127,55
Hortaliças	-	-	4,50	-	-	4,50
Mandioca	0,95	-	0,50	-	-	1,45
Mamão	0,50	-	-	4,70	-	5,20
Manga	-	0,90	-	135,00	-	135,90
Maracujá	-	-	0,50	0,20	-	0,70
Melancia	-	2,50	2,00	31,25	-	35,75
Melão	-	2,50	-	120,50	-	123,00
Milho (grão)	5,90	10,30	16,05	15,00	275,00	322,25
Milho (verde)	-	-	-	-	300,00	300,00
Ornamentais	-	-	0,50	4,00	-	4,50
Pimenta	0,80	-	-	-	-	4,80
Pimentão	-	-	-	16,70	-	16,70
Sapoti	-	0,50	-	7,50	-	8,00
Soja	-	-	-	275,00	-	275,00
Sorgo	-	-	-	20,00	50,00	70,00
Tomate	-	-	-	0,50	-	0,50
Uva	-	-	-	19,50	-	19,50
Total	1.860,95	332,67	590,70	1.865,80	1.306,50	5.956,62

Elaborada a partir de dados da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará.

Fonte: Cogeh (2008).

Tabela 3. Área irrigada, coeficientes de cultivo (Kc) ponderados pela área de cada cultura irrigada e eficiências médias ponderadas pela área de cada método de irrigação adotado, em cada mês.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Área irrigada (ha)	2.247,7	2.247,7	1.163,3	1.281,5	2.247,7	2.247,7
Kc ponderado	0,94	0,94	1,11	1,10	0,94	0,94
Ea final ponderada	0,67	0,67	0,70	0,71	0,67	0,67

	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Área irrigada (ha)	4.807,2	5.939,9	5.079,4	5.956,6	5.345,9	2.668,6
Kc ponderado	0,98	0,98	0,94	0,87	0,90	0,92
Ea final ponderada	0,62	0,63	0,63	0,63	0,62	0,67

Os valores da evapotranspiração de referência média mensal (mm), segundo Penman-Monteith FAO, estimados com dados mínimos, para a climatologia de base do modelo (1961-90) e projeções futuras, cenários A2 e B2, podem ser apresentados em termos de mínimos, máximos, média e desvio padrão. A diferença entre as condições iniciais e projetada pode ser observada por meio dos totais anuais.

Resultados obtidos

Aqui, apresenta-se, como exemplo, um estudo de caso na Bacia do Jaguaribe, onde se projetou uma elevação média da evapotranspiração anual de 216 mm e 190 mm (12,6% e 11,1%) para os cenários A2 e B2, respectivamente, passando, em 2040, de 1.719 mm para 1.935 mm e 1.909 mm anuais, respectivamente.

Um incremento médio de 533 mm e 564 mm (33,62% e 37,87%) nas necessidades hídricas anuais das culturas em relação à climatologia de base do modelo foi projetado para 2040, cenários A2 e B2, respectivamente (Tabela 4 e Figura 3), observando-se maiores níveis, na zona costeira.

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos incrementos da demanda anual de água para irrigação (mm) na área de domínio localizada na Bacia do Rio Jaguaribe, Ceará.

Estatísticas	Cenários	
	2040A2	2040 B2
Mínimo	437	462
Máximo	921	914
Média	543	564
Desvio Padrão	76	75

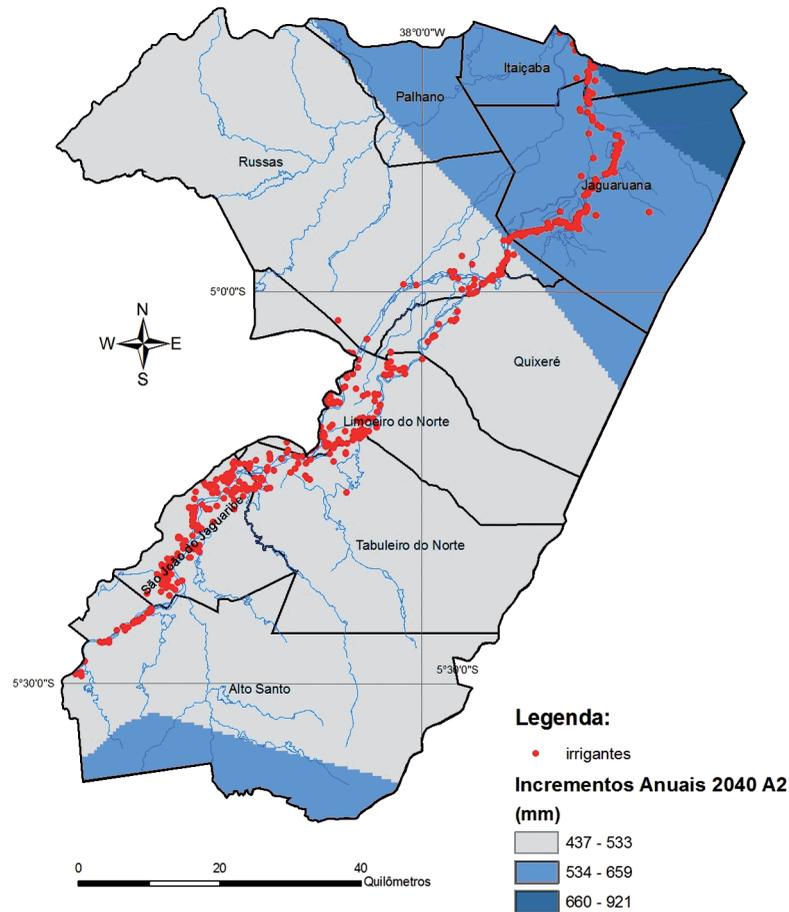


Figura 3. Exemplo de mapa temático das projeções dos incrementos anuais na Necessidade Hídrica Bruta (NHB, mm), para o ano de 2040, cenário A2, na área de domínio localizada na Bacia do Rio Jaguaribe, Ceará.

Conclusão

A utilização de modelo de mudanças climáticas submetido à redução de escala dinâmica, integrado a um sistema de informação geográfica, mostra-se como uma ferramenta adequada para estimativa de impactos em escala menor que global ou continental, ou seja, em nível de bacia hidrográfica. Torna possível a quantificação de diferenças percentuais entre climatologia de base e projetada, bem como a elaboração de mapas dessas diferenças. A agricultura irrigada da região estudada pode tornar-se mais intensa em demanda de

água, uma vez que o modelo utilizado prevê aumento nas necessidades de água para irrigação, resultante da combinação de tendências de aumento na evapotranspiração e redução na precipitação, sem considerar o aumento das áreas irrigadas. A capacitação dos irrigantes e adequação dos sistemas de irrigação poderão, desta forma, desempenhar importante papel na prevenção de escassez de água na região, em função de impactos de mudanças climáticas, podendo constituir importante fator de mitigação e adaptação.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.
- BINDER, L. C. W. Climate change and watershed planning in Washington State. **Journal of the American Water Resources Association**, Hendon, v. 42, n. 4, p. 915-926, Aug. 2006.
- COGERH. **Cadastro de Outorga**: 2008. Fortaleza, 2008. 1 CD-ROM.
- CUENCA, R. H. Crop water requirements. In: CUENCA, R. H. **Irrigation system design: an engineering approach**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989. p.173.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- FISCHER, G.; TUBIELLO, F. N.; VELTHUIZEN, H. V.; WIBERG, D. A. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2008. **Technological Forecasting & Social Change**, New York, v. 74, n. 7, p. 1083-1107, 2007.
- FORTES, P. S.; PLATONOV, A. E.; PEREIRA, L. S. GISAREG – a GIS based irrigation scheduling simulation model to support improved water use. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 77, n. 1-3, p. 159-179, Aug. 2005.
- GEORGE, B. A.; RAGHUWANSI, N. S.; SINGH, R. Development and testing of a GIS integrated irrigation scheduling model. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 66, n. 3, p. 159-179, May, 2004.
- GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; MAIA, A. de H. N.; EVANGELISTA, S. R. M.; FUCK JUNIOR, S. C. de F. Climate change impacts on irrigation water needs in the Jaguaribe River Basin. **Journal of the American Water Resources**, Herndon, v. 48, n. 2, p. 355-365, Apr. 2012.
- JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v. 95, n. 6, p. 707-715, June, 2008.
- KNOX, J. W.; WEATHERHEAD, E. K.; BRADLEY, R. I. Mapping the total volumetric irrigation water requirements in England and Wales. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 1-18, May, 1997.

MCCARTH, J. J.; CANZIANI, O. F.; LEARY, A. N.; DOKKEN, D. J.; WHITE, K. S. (Ed.). **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. New York: Cambridge University Press, 2001. 1032 p. Contribution of working group II to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on climate change.

POPOVA, Z.; KERCHEVA, M.; PEREIRA, L. S. Validation of the FAO methodology for computing ETo with limited data. Application to South Bulgaria. **Irrigation and Drainage**, Slough, v. 55, n. 2, p. 201-215, Apr. 2006.

RODRÍGUEZ DÍAZ, J. A.; WEATHERHEAD, E. K.; KNOX, J. W.; CAMACHO, E. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. **Regional Environmental Change**, New York, v. 7, n. 3, p. 149-159, May, 2007.

SILVA, C. S. de; WEATHERHEAD, E. K.; KNOX, J. W.; RODRIGUEZ-DIAZ, J. A. Predicting the impacts of climate change – a case study of paddy irrigation water requirements in Sri Lanka. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 93, n. 1-2, p. 19-29, Oct. 2007.

TSANIS, I. K.; NAOUM, S. The effect of spatially distributed meteorological parameters on irrigation water demand assessment. **Advances in Water Resources**, Southampton, v. 26, n. 3, p. 311-324, Mar. 2003.

VICTORIA, F. B.; VIEGAS FILHO, J. S.; PEREIRA, L. S.; TEIXEIRA, J. L.; LANA, A. E. Multi-scale modeling for water resources planning and management in rural basins. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 4-20, Aug. 2005.

Qualidade de um conjunto de dados globais de precipitação pluviual para a região produtora de melão do NE brasileiro

Quality of global rainfall dataset for melon crop region in NE Brazil

Alfredo José Barreto Luiz¹; Aline de Holanda Nunes Maia¹; Rubens Sonsol Gondim²

Resumo

Avaliou-se a qualidade dos dados de chuva fornecidos pela base de dados globais CRU, mantida pela Unidade de Pesquisa em Clima (UPC) da Universidade East Anglia, Inglaterra, para a região produtora de melão no Nordeste do Brasil. A análise espacial mostrou alta consistência entre os dados *Climate Research Unit* (CRU) e aqueles interpolados a partir das estações locais. Este nível de concordância ressalta a utilidade das séries CRU para a análise de viés em estudos de avaliação de impactos das mudanças climáticas em escala regional.

Termos para indexação: estudos regionais de impactos climáticos, sistema agrícolas, correção de viés, conjuntos de dados globais, análise de correlação.

Abstract

The quality of rainfall data provided by the global dataset CRU, maintained by the Climate Research Unit of University of East Anglia, England, for melon crop region in Northeast of Brazil was assessed. Spatial analysis showed high consistency between the CRU and those interpolated data from local stations. This level of agreement underscores the usefulness of CRU series

¹ Embrapa Meio Ambiente, {alfredo.l Luiz;aline.maia}@embrapa.br

² Embrapa Agroindústria Tropical, rubens.godim@embrapa.br

for analysis of bias in studies evaluating the impacts of climate change on a regional scale.

Index terms: regional climate impact assessments, agricultural systems, bias correction, global databases, correlation analysis.

Introdução

O ciclo do cultivo de melão, importante atividade agrícola da região do Jaguaribe-CE e Apodi-RN, se desenvolve nos meses de julho a novembro e depende da irrigação (GONDIM et al., 2012). Um dos fatores influentes na sustentabilidade da produção é a garantia da disponibilidade de suplementação hídrica. Diante do risco de mudanças significativas nos regimes de precipitação pluviométrica no futuro (DECONTO, 2008), as projeções dos modelos climáticos globais ou regionais são úteis para o planejamento de medidas preventivas ou mitigatórias dos efeitos adversos de alterações na disponibilidade hídrica (MAIA et al., 2011). A avaliação da destreza desses modelos é feita comparando suas projeções retrospectivas com conjunto de dados chamados de CRU (MITCHELL; JONES, 2005). Neste trabalho, foi avaliada a consistência entre dados CRU (www.cru.uea.ac.uk) e de estações locais, em escala compatível com estudos de demanda hídrica do meloeiro na região (0,5° x 0,5°).

Material e método

Foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica, latitude, longitude e altitude de 20 estações meteorológicas nacionais - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ou estaduais - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), que estão localizadas entre 4,5° e 6,5° de latitude Sul e entre 36,5° e 39,5° de longitude Oeste. A área abrange os pontos CRU considerados no estudo e é a principal região de cultivo irrigado do melão no Nordeste (NE) brasileiro. A obtenção dos dados está descrita em Luiz et al. (2013). Foram calculados os coeficientes de correlação linear entre as precipitações mensais médias de cada um dos 19 pontos CRU com as suas duas estações vizinhas mais próximas e construídos gráficos das médias mensais e da correlação. A análise na forma de gráficos auxiliou na detecção de observações discrepantes e na aferição da qualidade da correspondência (Figura 1).

Para interpolar os dados das estações de forma a permitir a produção de estimativas comparáveis com os valores dos pontos CRU, foi ajustado, para os meses de julho a novembro, um modelo de regressão da precipitação observada nas estações em função de suas coordenadas geográficas: latitude, longitude e altitude, cuja interdependência já tem sido reconhecida (SILVA et al., 1998). Foram produzidos gráficos que representavam, no espaço, as dife-

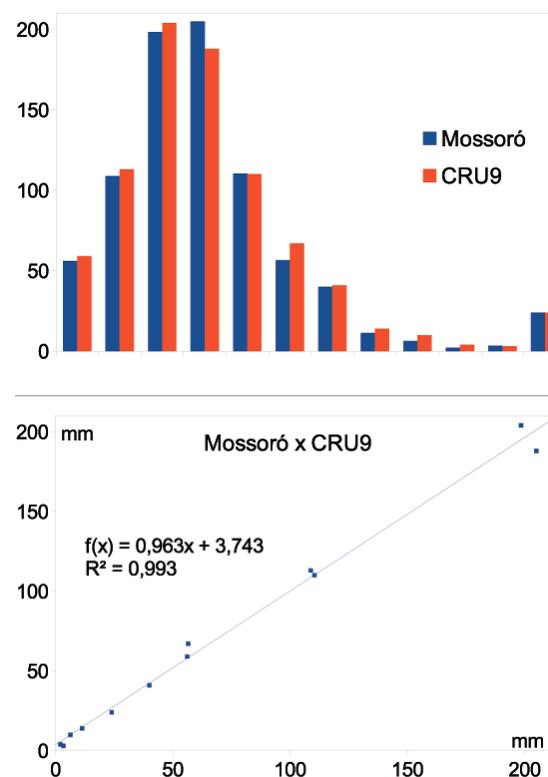


Figura 1. Relações da precipitação mensal média (mm) observada na estação de Mossoró-CE e estimada para o ponto CRU9.

renças entre os valores preditos pelo modelo de regressão e estimados pelo CRU. Os resíduos da regressão foram obtidos e analisados espacialmente de forma gráfica (LUIZ et al., 2013).

Resultados e discussão

As estações possuem disponibilidade de dados em períodos diferentes, variando de 28 anos em Apodi até 10 anos para Jaguaribara e Quixeré. Observou-se que a precipitação mensal é concentrada de fevereiro a maio e mais intensa nos meses de março e abril, especialmente em Fortaleza, região litorânea, e Guaramiranga, local de maior altitude. Os meses de cultivo do melão, de julho a novembro, são os mais secos. Após a investigação da influência de cada conjunto de dados (estação) nos modelos, foram retiradas as estações de Fortaleza, Quixadá e Florânia e um novo modelo foi ajustado com dados de 17 estações e em função de latitude e altitude, pois a longitude nunca foi significativa, para cada mês (Tabela 1). Em cada mês os modelos foram significativos ($p < 0,01$), assim como os parâmetros ($p < 0,05$). Apesar da significância, a qualidade dos ajustes (R^2 ajustado) indica que é necessário

Tabela 1. Parâmetros e coeficiente de determinação das regressões ajustadas.

Mês	Intercepto	Beta latitude	Beta altitude	R ² ajustado
Julho	150,3776	24,7896	0,1001	0,5328
Agosto	48,5701	9,0426	0,0425	0,6194
Setembro	54,2753	10,2859	0,0393	0,7222
Outubro	38,2471	7,3483	0,0337	0,6885
Novembro	30,4743	5,6117	0,0289	0,6747

melhorar o modelo de regressão proposto para uma interpolação mais precisa. A análise gráfica e dos semivariogramas dos resíduos das regressões ajustadas não apresentou evidência de dependência espacial entre eles. Por outro lado, os valores CRU tem superestimado a precipitação na maior parte dos pontos, principalmente na região ao sul e sudeste da área estudada, em todos os meses.

Os resultados confirmam a comparação simples entre as precipitações mensais médias estimadas nos pontos CRU e observadas nas estações mais próximas, que na maioria indicou uma superestimação dos dados CRU nos meses de seca.

Considerações finais

Observou-se uma alta consistência entre os dados CRU e aqueles ajustados a partir das estações locais, o que aponta para a utilidade das séries CRU na análise de tendência em estudos de avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas agrícolas. A ocorrência de superestimação no tempo e no espaço indica a necessidade de correção de viés. A manutenção da coleta de dados meteorológicos consistentes, por uma rede de estações com adequada cobertura geográfica, ao longo do tempo, para fornecer séries históricas longas e confiáveis, é fundamental para o estudo de mudanças climáticas, entre outros, e determinantes da qualidade da análise estatística e da modelagem numérica realizadas.

Referências

- DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Unicamp: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 82 p.
- GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; MAIA, A. de H. N.; EVANGELISTA, S. R. M.; FUCK JUNIOR, S. C. de F. Climate change impacts on irrigation water needs in the Jaguaribe River Basin. **Journal of the American Water Resources**, Herndon, v. 48, N. 2, p. 355-365, Apr. 2012.

LUIZ, A. J. B.; MAIA, A. de H. N.; GONDIM, R. S. Precipitação na região produtora de melão no NE brasileiro: avaliação da qualidade de conjuntos de dados globais por meio de regressão espacial. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 58.; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 15., 2013, Campina Grande. **Modelagem estatística em áreas multidisciplinares: impactos causados pelas mudanças climáticas na Região Nordeste: anais**. Sociedade Internacional de Biometria, 2013. 7 p.

MAIA, A. de H. N.; PAZIANOTTO, R. A. A.; COELHO, C. A. dos S. Avaliação da influência do ENOS sobre início da estação chuvosa via modelos semiparamétricos de sobrevivência. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 56. SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 14., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: RBRAS, 2011.

MITCHELL, T. D.; JONES, P. D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 25, p. 693-712, 2005. doi:10.1002/joc.1181.

SILVA, F. A. M. da; ASSAD, E. D.; MATTOS, A.; LUIZ, A. J. B. **Variação espaço-temporal da disponibilidade hídrica climática no estado de Goiás**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 33, n. 5, p. 605-612, maio, 1998.

Avaliação da precipitação projetada pelos modelos do IPCC-AR4 para o Nordeste e o Sudeste do Brasil

Assessment of predicted precipitation by IPCC-AR4 models for Northeastern and Southeastern Brazil

Emília Hamada¹;
Aline de Holanda Nunes Maia¹

Resumo

Alterações na precipitação e na temperatura levam a modificações no escoamento superficial e na disponibilidade de água. Para se projetar prováveis cenários de alterações climáticas no futuro, os modelos de circulação global (GCMs) são considerados a melhor ferramenta, apesar das suas incertezas. As projeções de precipitação pluviométrica de quinze GCMs do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - Fourth Assessment Report (AR4) foram avaliadas para as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, no período de 2071 a 2100, cenário de emissão A2. Foram realizadas análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico para agrupar os modelos quanto à similaridade espacial das projeções da chuva acumulada, após correção de viés, para cada estação. Similaridades espaciais variaram entre as estações.

Termos para indexação: modelos de circulação global, análise de similaridade espacial, análise de agrupamento, análise de componentes principais.

Abstract

Changes in rainfall and temperature lead to alterations in runoff and water availability. Global circulation models (GCM) are considered the best tool to

¹ Embrapa Meio Ambiente, {emilia.hamada;aline.maia}@embrapa.br

project climate change scenarios, despite their uncertainties. Projections of precipitation from fifteen GCMs provided by the IPCC-AR4 (Intergovernmental Panel on Climate Change - Fourth Assessment Report) were evaluated for Northeastern and Southeastern Brazil from 2071 to 2100 period, for the A2 emission scenario. Principal component and cluster analysis were applied for grouping models with similar performance, based on rainfall projections, after bias correction. Models were clustered accordingly to spatial similarity of projections, for each season. Spatial similarities varied among seasons.

Index terms: global circulation models, spatial similarity analysis, cluster analysis, principal component analysis.

Introdução

As atuais tensões sobre os recursos hídricos ocasionadas pelo crescimento populacional e econômico e pela mudança do uso da terra podem tornar-se mais intensas com as mudanças climáticas (PACHAURI; REISINGER, 2007). Ainda, segundo esses autores, projeta-se que áreas afetadas pela seca aumentem em extensão, com potencial para impactos adversos em vários setores, por exemplo, na agricultura, no fornecimento de água, na produção de energia e na saúde; e, regionalmente, como efeito das mudanças climáticas é projetado grande aumento na demanda de água para irrigação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a similaridade entre as projeções de precipitação de quinze GCMs do IPCC-AR4 para as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil no período de 2071 a 2100, utilizando técnicas de estatística multivariada.

Material e métodos

As informações climáticas de precipitação, provenientes das projeções dos quinze GCMs do IPCC-AR4, do período de 2071 a 2100, para o cenário A2 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2000) foram inseridas no banco de dados do SIG Idrisi 32, adotando-se o sistema de coordenadas geográficas latitude e longitude, Datum WGS84, com resolução espacial de 0,5° x 0,5°.

A região Nordeste é composta de 517 pixels para cada mês e modelo. A similaridade espacial das projeções de diferentes modelos quanto aos totais semestrais de chuva (janeiro a junho e de julho a dezembro) foi avaliada utilizando análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico (HAMADA et al., 2012b). Os referidos períodos abrangem as estações chuvosa e seca, respectivamente, em grande parte da região Nordeste. A região Sudeste é composta de 322 pixels para cada mês e modelo e os 15 modelos foram agrupados em cada estação do ano (verão, outono, inverno, primavera), segundo HAMADA et al. (2012a).

A similaridade entre os modelos foi avaliada utilizando análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico, por meio do software estatístico SAS/STAT. O agrupamento dos modelos foi realizado de acordo com a similaridade espacial da precipitação acumulada em cada estação.

Resultados

Os agrupamentos dos modelos para a região Nordeste, com base na similaridade espacial de projeções da precipitação semestral (jan-jul e jul-dez) para o cenário A2 (2071 a 2100) são apresentados na Tabela 1. As projeções de precipitação dos GCMs apresentaram tendências divergentes de aumento ou diminuição no futuro, porém reproduziram o comportamento sazonal típico da região. Os valores das médias da precipitação acumulada em cada semestre, nos quatro agrupamentos de modelos, variaram de 528,26 mm a 964,94 mm, de janeiro a junho (estação chuvosa), e de 137,59 mm a 324,06 mm, de julho a dezembro (estação seca).

Para a região Sudeste, os agrupamentos dos modelos, com base na similaridade espacial da precipitação acumulada por estação (verão, outono, inverno e primavera) para o cenário A2 (2071 a 2100) são apresentados na Tabela 2. As projeções nessa região, na média dos sete agrupamentos dos 15 GCMs,

Tabela 1. Agrupamentos dos 15 modelos de circulação global para a região Nordeste, por semestre, de acordo com a similaridade espacial das projeções de precipitação para o período de 2071 a 2100, cenário A2.

Semestre	Grupo	Modelos de circulação global	Precipitação do semestre (mm)
janeiro a junho (estação chuvosa)	G1	UKMO-HadCM3, MIROC3.2.medres	528,26
	G2	CGCM3.1.T47, CSIRO-Mk3.0, ECHO-G, GFDL-CM2.0, INM-CM3.0, MRI-CGCM2.3.2, CCSM3, PCM	744,63
	G3	UKMO-HadGEM1	964,94
	G4	BCCR-BCM2.0, CNRM-CM3, GISS-ER, ECHAM5	886,86
julho a dezembro (estação seca)	G1	PCM	300,67
	G2	CGCM3.1.T47, CNRM-CM3, MIROC3.2.medres, ECHAM5	324,06
	G3	UKMO-HadCM3	197,59
	G4	BCCR-BCM2.0, CSIRO-Mk3.0, ECHO-G, GFDL-CM2.0, GISS-ER, UKMO-HadGEM1, INM-CM3.0, MRI-CGCM2.3.2, CCSM3	301,98

Fonte: Hamada et al. (2011).

Tabela 2. Agrupamentos dos 15 modelos de circulação global para a região Sudeste, por estação do ano, de acordo com a similaridade espacial das projeções da precipitação para o período de 2071 a 2100, cenário A2.

Estação	Grupo	Modelos de circulação global	Precipitação da estação (mm)
verão	G1	CGCM3.1.T47, GISS-ER, CCSM3, PCM	634,12
	G2	BCCR-BCM2.0, CNRM-CM3, CSIRO-mk3.0, ECHAM5, MRI-CGCM2.3.2	707,07
	G3	GFDL-CM2.0, MIROC3.2.medres	478,82
	G4	INM-CM3.0	564,98
	G5	ECHO-G	705,36
	G6	UKMO-HadGEM1	799,65
	G7	UKMO-HadCM3	673,80
outono	G1	CGCM3.1.T47, GISS-ER, MRI-CGCM2.3.2, CCSM3	253,72
	G2	ECHO-G	270,77
	G3	CSIRO-Mk3.0, PCM	282,12
	G4	BCCR-BCM2.0, CNRM-CM3, ECHAM5	290,30
	G5	UKMO-HadCM3	285,32
	G6	UKMO-HadGEM1	284,80
	G7	GFDL-CM2.0, INM-CM3.0, MIROC3.2.medres	218,22
inverno	G1	INM-CM3.0	47,19
	G2	CGCM3.1.T47	51,44
	G3	CNRM-CM3, GFDL-CM2.0, GISS-ER, ECHAM5, CCSM3	78,86
	G4	BCCR-BCM2.0, CSIRO-Mk3.0, UKMO-HadCM3, MIROC3.2.medres, PCM	63,99
	G5	ECHO-G	65,27
	G6	MRI-CGCM2.3.2	98,27
	G7	UKMO-HadGEM1	33,92
primavera	G1	BCCR-BCM2.0, CSIRO-Mk3.0, ECHAM5, MRI-CGCM2.3.2, CCSM3	368,10
	G2	UKMO-HadCM3	388,62
	G3	CGCM3.1.T47, GFDL-CM2.0, GISS-ER, MIROC3.2.medres, PCM	321,02
	G4	UKMO-HadGEM1	307,75
	G5	ECHO-G	410,47
	G6	INM-CM3.0	256,32
	G7	CNRM-CM3	453,97

Fonte: Hamada et al. (2011).

variaram de 564,98 mm a 799,65 mm no verão, 218,22 mm a 290,30 mm no outono, 33,92 mm a 98,27 mm no inverno e de 256,32 mm a 453,97 mm na primavera, apresentando comportamento sazonal típico.

Conclusão

Para o Nordeste, a similaridade entre os modelos no período de 2071 a 2100, para o cenário A2, variou de acordo com os semestres (estação chuvosa ou seca), com tendências divergentes de aumento ou diminuição das precipitações no futuro. O mesmo foi verificado para a região Sudeste, com projeções de precipitação dos GCMs variáveis entre si, apresentando tendência discordante no futuro. As similaridades espaciais variaram nos semestres/estações do ano, porém, as projeções de precipitação dos modelos, na média, reproduziram comportamento sazonal típico.

Referências

- HAMADA, E.; GHINI, R.; MARENGO, J. A.; THOMAZ, M. C. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 42-74.
- HAMADA, E.; MAIA, A. de H. N.; GHINI, R.; THOMAZ, M. C.; GONÇALVES, R. R. V.; LANA, J. T. de O.; ALMEIDA, E. G. Precipitações projetadas pelos modelos climáticos globais do Quarto Relatório do IPCC para o Sudeste do Brasil. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012a. 9 p.
- HAMADA, E.; MAIA, A. de H. N.; THOMAZ, M. C. Precipitações projetadas pelos modelos climáticos globais do Quarto Relatório do IPCC para o Nordeste brasileiro. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012b. 6 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Emission scenarios: summary for policymakers**. Geneva, 2000. 20 p. IPCC Special Report. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>>.
- PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Ed.). **Climate change 2007: synthesis report**. 2007. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html>. Acesso em: 10 jan. 2014.

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 <ul style="list-style-type: none"> · 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 <ul style="list-style-type: none"> · 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 <ul style="list-style-type: none"> · 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 <ul style="list-style-type: none"> · Levellogger: 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 <ul style="list-style-type: none"> · Levellogger: 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 <ul style="list-style-type: none"> · 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 <ul style="list-style-type: none"> · Sensor "Diver" para medição do nível de água em poço, por transdução de pressão, com registrador de dados integrado. 	Quantidade: 3 <ul style="list-style-type: none"> · 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 <ul style="list-style-type: none"> · 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

- BENAVIDES, 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 Ibiotântica, 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/geomorfológico/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, Kolin.
- 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.

Organização e gestão da Rede AgroHidro

Organization and management Network AgroHidro

Tércia Zavaglia Torres¹; Lineu Neiva Rodrigues²;
Azeneth Eufrausino Schuler³

Resumo

O artigo apresenta resultados parciais de um estudo de caráter exploratório realizado para: a) contribuir com os gestores da Rede AgroHidro na identificação de elementos socioinstitucionais favorecedores da sua gestão e organização/estruturação; e b) capturar os tipos de aprendizagens e competências construídas pelos integrantes da Rede a partir das interações comunicacionais realizadas em um espaço de ambiência virtual intitulado Agropedia brasilis.

Termos para indexação: rede, rede AgroHidro, elementos socioinstitucionais, aprendizagens e competências, Agropedia brasilis.

Abstract

The paper presents the partial results of an exploratory study aimed at contributing with the AgroHidro Network managers in identifying the socio-institutional elements that promote the management and organization / structuring noting cases of learning constructed by the members due to their communicative interactions performed in a space of virtual ambience named Agropedia brasilis.

Index terms: network, AgroHidro network, socio-institutional elements, learning and skills, Agropedia brasilis.

¹ Embrapa Informática Agropecuária, terciat.torres@embrapa.br; terciatzavagliatorres1@gmail.com

² Embrapa Cerrados, lineu.rodrigues@embrapa.br

³ Embrapa Solos, azeneth.schuler@embrapa.br, marysolschuler@gmail.com

Introdução

Atualmente as bases do processo de desenvolvimento socioeconômico da Sociedade do Conhecimento são a informação, o conhecimento e a aprendizagem. Estes três vetores oferecem, às empresas, a capacidade de desbravarem novas fronteiras tecnológicas e avançarem ainda mais na promoção de soluções de alto valor agregado para a sociedade. As instituições, em especial as de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (PD&I), neste cenário, implantam políticas e instrumentos de gestão que as ajudam a tomar decisões estratégicas. Uma destas políticas refere-se à formação e ao desenvolvimento de redes de pesquisa. As redes de pesquisa usam as competências individuais e organizacionais para integrar recursos e buscar soluções sistêmicas para os problemas sociais trazendo ganhos em termos de aprendizagem e conhecimentos.

Ancoradas por premissas colaborativas, participativas e coletivas, as redes se estabelecem a partir das interações, relações e comunicações promovidas entre os atores individuais que as compõem. Na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), foi recém inaugurada a Rede AgroHidro que busca o desenvolvimento e a inovação tecnológica para construir, desenvolver e gerir as comunicações criadas entre os cientistas, educadores, agentes públicos e privados de diversas instituições para favorecer a criação de novos conhecimentos, metodologias, processos e tecnologias, estudando as interações da agricultura com os recursos hídricos de bacias hidrográficas em diferentes biomas brasileiros, avaliando-se as alterações hidrológicas advindas de mudanças climáticas e do uso da terra, com vistas à sustentabilidade da agricultura e à manutenção da qualidade de vida das comunidades rurais.

Material e métodos

Neste sentido, foi desenvolvida no Projeto de Gestão da Rede AgroHidro, liderado pela Embrapa Cerrados, uma atividade específica para estudar formas de organizá-la e geri-la para potencializar o alcance dos resultados esperados. Para a realização desta atividade foi elaborado o seguinte delineamento metodológico:

- Fase 1 - orientado para uma abordagem quantitativa: construiu-se um questionário fechado contendo aspectos relevantes abstraídos do modelo conceitual de organização da rede que foi produzido com base na literatura sobre Redes de Pesquisa. Este questionário foi aplicado junto aos integrantes da rede para identificar a percepção: - acerca dos aspectos institucionais de organização da Rede; - relações e influências entre estes aspectos e os relativos aos socioinstitucionais.
- Fase 2 - orientado para uma abordagem qualitativa: a partir das análises obtidas na fase 1 do estudo, estruturou-se um roteiro de entrevista para

ser realizada junto aos integrantes do Comitê Gestor da Rede de Pesquisa AgroHidro visando complementar as análises de aspectos relevantes identificados na fase 1 da pesquisa. (Esta etapa da pesquisa está prevista ocorrer entre os meses de março a agosto/2014).

A análise agregada e complementar de ambas as fases do estudo (Figura 1) oferecerá aos gestores da Rede AgroHidro condições de gerir os aspectos inerentes às competências individuais que influenciam em maior grau o alcance dos seus resultados.

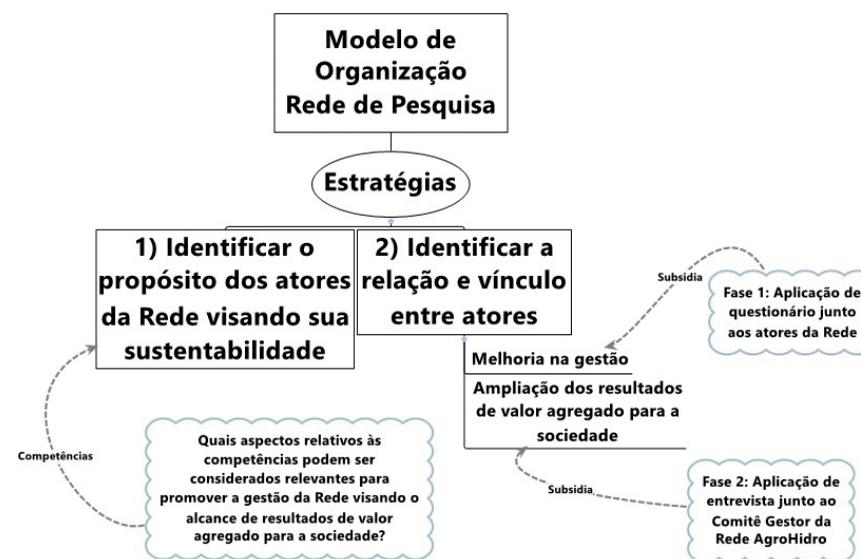


Figura 1. Delineamento metodológico da pesquisa Organização da Rede AgroHidro.

A Fase 1 do estudo foi realizada no período de março a maio de 2012 com a aplicação de um questionário junto a todos os integrantes da Rede. Nele foi explorado, a partir de quatro variáveis (competências necessárias ao trabalho em rede; ganhos obtidos com o trabalho em rede; esforços despendidos com o trabalho em rede; e complementaridade de competências entre os pares), a percepção dos integrantes da rede sobre a forma como ela deveria ser gerida nesta fase inicial de sua formação.

Compuseram a pesquisa todos os integrantes da Rede AgroHidro que à época era de 134 pessoas. Destes apenas 65 (48,5%) responderam o questionário on line. Os dados foram analisados a partir do software R que é um ambiente computacional não proprietário que roda em várias plataformas sendo composto por um conjunto integrado de facilidades voltadas para a manipulação de dados, cálculos e apresentação gráfica.

Discussão dos resultados

Considerando-se as variáveis definidas no estudo inicial, pode-se afirmar que na variável 'competências individuais' foram apontadas pelos integrantes da Rede quatro tipos de competências importantes e necessárias para o estabelecimento das bases que darão suporte à sua sólida formação, estruturação e gestão: 1) competências comportamentais nas quais destacam-se as de: comprometimento (perceber relações entre interesses pessoais/profissionais e os propósitos da rede); de espírito de colaboração (procurar o desenvolvimento pessoal/profissional dos pares); e de constância de propósito (buscar o alcance de resultados sempre); 2) competências técnicas tendo sido ressaltado como as mais importantes nesta fase de formação da Rede as de execução de ações de PD&I (realizar as ações planejadas seguindo métodos compatíveis e cumprindo os prazos estabelecidos) e de gerenciamento de ações de PD&I (coordenar e liderar a execução das ações planejadas gerenciando conflitos e negociando outras ações para se alcançar os resultados esperados); 3) competências transversais – as que atravessam todos os processos que os integrantes da Rede executam para atuarem nela, sendo que as mais relevantes são as de: auto-organização (organizar ideias e pensamentos de diversas áreas de conhecimentos conciliando-as às etapas de PD&I que são realizadas com os parceiros); e as metodológicas (estabelecer métodos próprios de trabalho e de reflexão sobre a eficiência e eficácia do que está sendo executado em conjunto com os parceiros); e 4) competências interdependentes – as que se inter-relacionam entre si para potencializar o alcance dos resultados da Rede, tendo se destacado as competências de execução e gerenciamento das ações de PD&I conforme já havia sido observado quando os integrantes da Rede informaram sobre as competências técnicas que mais contribuiriam para viabilizá-la nesta sua fase inicial como um espaço de produção de informações e conhecimentos coletivos para a promoção de resultados integrados.

No que se refere à variável 'ganhos com o trabalho colaborativo em rede' os integrantes informaram que o ganho excepcional de se atuar em rede está relacionado à troca de ideias, informações, conhecimentos e competências entre os pares, havendo também destaque para os ganhos relacionados à ampliação dos relacionamentos pessoais e profissionais e de compreensão sistêmica dos problemas ligados às interações entre agricultura e recursos hídricos. A terceira variável 'esforço despendido no trabalho colaborativo em rede' ficou evidenciado nas respostas dos integrantes da Rede que o que exige excessivo esforço da parte deles nesta sua fase de sua formação é a competência técnica de executar as ações de PD&I planejadas. Esta racionalidade observada na resposta se compatibiliza com a fase de formação inicial da Rede porque é exatamente nesta fase que o esforço de execução se faz mais presente uma vez que é necessário concatenar todas as ações que são realizadas em diversos projetos simultaneamente para gerar os resultados. Assim, é nesta fase que se exige dos integrantes muita articulação, coordenação, condução, liderança, além da capacidade de aplicar os conhecimentos

de um domínio de conhecimento específico em um contexto mais amplo que é o que se quer com a Rede AgroHidro. Certamente que todo este esforço requer dos integrantes que mobilizem outras competências comportamentais como as de compartilhamento de conhecimentos, criatividade, iniciativa e excelência na pesquisa. Por todas estas razões, parece óbvio que a competência técnica de execução surja como uma das mais relevantes para a viabilização da Rede nesta fase inicial.

A quarta variável refere-se à 'complementaridade de competências entre os pares'. Nesta resposta evidencia-se a grande complementaridade entre as competências técnicas e transversais. Aqui surge novamente como destaque a importância da competência técnica de execução das ações de PD&I e sua relação com a competência transversal de articulação. Tal resposta esclarece a interdependência entre ambas as competências à medida que a possibilidade de executar ações conforme planejado é indissociável da articulação ou da capacidade que os diversos cientistas da Rede precisam ter ou desenvolver para encaixar ideias, informações, conhecimentos, experiências e saberes relativos às suas respectivas áreas de conhecimento e às etapas do processo de PD&I. Parece evidente que quanto maior for a articulação ou a capacidade que os integrantes da Rede tiverem de fazer reflexões e discussões esquematizando ações para serem executadas de forma encadeadas, maiores também serão as chances de obterem êxitos conforme o esperado e mais adequado também se torna a execução destas ações.

Conclusão e trabalhos futuros

Estes resultados destacam que as estratégias de gestão da Rede AgroHidro deve voltar sua atenção para: a) favorecer ações de troca de dados, informações, conhecimentos e experiências para minimizar esforços na execução das ações de PD&I; b) promover uma gestão compartilhada para desenvolver vínculos mais estreitos entre os pares (trocas de ideias, busca de resultados integrados, laços de confiança mútua e espírito de colaboração); c) estimular a organização de informações nas diversas áreas de conhecimentos e temas que envolvem as necessidades da Rede para que: a gestão seja mais facilitada; os integrantes exercitem a transdisciplinaridade; a disseminação das informações promova a construção de novos conhecimentos; a tomada de decisões nos diversos projetos componentes seja harmônica; a construção de ações de prospecção de demandas, planejamento e avaliação de PD&I seja eficiente e eficaz; d) fortalecer as relações entre os pares a partir do estabelecimento de princípios comunicacionais voltados para: autonomia crítica (visando reflexões consensuais); dialogismo (visando à construção de pensamentos duais, plurais e flexíveis); corresponsabilidade entre os pares (visando o favorecimento da articulação entre todo-partes-todo); pensamento complexo (visando à compreensão da realidade sob uma perspectiva reflexiva, dialógica e articulatória).

Estes resultados refletem o estágio atual da formação da Rede AgroHidro. Neste sentido é muito importante avançar em novos estudos para identificar e analisar os fatores de gestão que influenciam seus resultados; efetuar uma cartografia entre as competências individuais dos integrantes da Rede e os fatores de gestão que a influenciam; e realizar um estudo de caráter longitudinal para acompanhar seu desenvolvimento e capturar o processo por ela engendrado para promover aprendizagens entre seus integrantes e obter resultados exitosos.

Monitoramento quali-quantitativo de uma microbacia em região de transição entre os biomas amazônia-cerrado - fase inicial

Assessment of water quantity and quality in a microbasin under amazon and cerrado transition zone - preliminary stage

Cornélio Alberto Zolin¹; Ciro Magalhães¹;
Fernando Alexandre Rieger²;
Andrey Gregory da Mota Ferreira e Silva²;
Jessica Lina Viana²

Resumo

Objetivou-se, com a realização do presente trabalho, estudar os aspectos qualiquantitativos da microbacia hidrográfica do Rio Mula Manca, que drena a área onde se encontra a Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, Estado de Mato Grosso. A microbacia possui cerca de 1500 ha com predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Os usos da terra preponderantes são culturas anuais, culturas perenes, floresta, eucalipto e sistemas integrados de produção. Para o monitoramento dos aspectos qualiquantitativos foram selecionadas três seções de coleta de dados, denominadas P1, P2 e P3, para acompanhamento de vazão, temperatura (T), Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Turbidez (Tb) e Condutividade Elétrica (CE). As coletas foram realizadas de maio a novembro de 2013. As maiores vazões foram observadas respectivamente para os pontos P3, P2 e P1, em função do aumento da área de drenagem. Verificou-se que o P1 apresentou “comportamento” efêmero, ou seja, a partir do mês de julho (época da seca) essa seção de monitoramento secou. Os pontos P2 e P3 apresentaram pouca variação nos valores

¹ Embrapa Agrossilvipastoril, {cornelio.zolin;ciro.magalhaes}@embrapa.br

² Universidade Federal de Mato Grosso, {feralerie, andreygregory1910}@gmail.com; jlina@hotmail.com

de T, pH, OD e CE, contudo, diferenças expressivas foram observadas com relação à turbidez, o que destaca o aumento de sedimentos transportados para o ponto P3.

Termos para indexação: recursos hídricos, qualidade da água, usos da terra.

Abstract

The main goal of this work was to assess the water quantity and quality aspects in the Mula Manca microbasin, which drains the area of Embrapa Agrosilvopastoral, located in Sinop, State of Mato Grosso. The microbasin has 1500 ha approximately, with a clay red-yellow latosol. The land use and cover that predominate in the microbasin are seasonal and annual crops, forest, eucalyptos and integrated systems. In order to assess the water quantity and quality three sample points (P1, P2 and P3) were selected throughout the microbasin where analyses of Temperature (T), Dissolved Oxygen (OD), pH, Turbidity (Tb) and Electrical Conductivity (CE) were carried out. The sampling process was conducted from May to November 2013. The higher flow rates were observed at P3, P2 and P1 respectively. It was observed that the sample point P1 was dried up by July (dry season), showing, therefore, an ephemeral behavior. Similar T, pH, OD and CE values were observed at P2 and P3, although, considerable fluctuation can be observed regarding to Turbidity, suggesting an increase in sediment yield towards P3.

Index terms: water resources, water quality, land use.

Introdução

O crescimento e desenvolvimento populacional e, conseqüentemente, o aumento na demanda por água, fibras e alimentos tem se apresentado como um dos principais desafios para a sociedade. Nesse contexto, a agricultura será cada vez mais demandada para a produção de fibras e alimentos o que, certamente, resultará em maior pressão sobre os recursos hídricos (RIEGER et al., 2014). Dessa forma, o estudo dos aspectos qualitativos em bacias hidrográficas, bem como sua mudança no uso e ocupação da terra, é de fundamental importância para o entendimento dos principais fatores intervenientes na resposta hidrológica e na qualidade dos recursos hídricos. Nesse sentido, o presente trabalho buscou iniciar o processo de monitoramento de parâmetros de qualidade da água e vazão na microbacia hidrográfica do Córrego Mula Manca, localizada no município de Sinop, em região de transição entre os biomas Amazonia e Cerrado no estado de Mato Grosso.

Material e método

Para o monitoramento da microbacia foram selecionados três seções/pontos de amostragem, P1, P2 e P3, (Figura 1) sendo P1 próximo ao nascente do curso d'água. A área total da bacia é de aproximadamente 1500 ha.

As medições de vazão foram realizadas nos pontos P1, P2 e P3 pelo método da seção média, utilizando-se um molinete para a medição da velocidade média de escoamento. A vazão total em cada ponto foi obtida pela integração da área média das seções e suas respectivas velocidades, conforme equação 1.

$$Q = A \cdot V \quad (1)$$

Onde Q é a vazão média em m^3s^{-1} , A é a área média de cada seção (m^2) e V é a velocidade média em ms^{-1} .

Os parâmetros de qualidade de água foram mensurados com a utilização de uma sonda multiparâmetros Hydrolab. As coletas foram realizadas de maio a novembro de 2013.

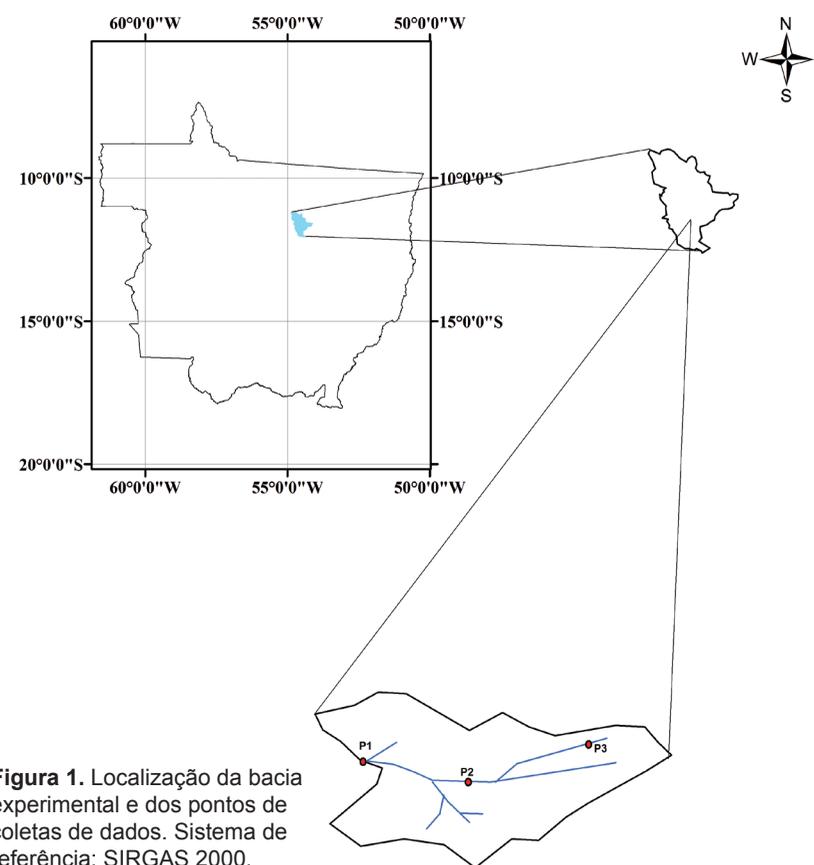


Figura 1. Localização da bacia experimental e dos pontos de coletas de dados. Sistema de referência: SIRGAS 2000.

Resultados

Os resultados preliminares de qualidade da água e vazão seguem apresentados na Figura 2.

As maiores vazões foram observadas respectivamente para os pontos P3, P2 e P1. Os pontos P2 e P3 apresentaram pouca variação nos valores de T, pH, OD e CE. O ponto P3 apresentou os valores mais elevados de turbidez.

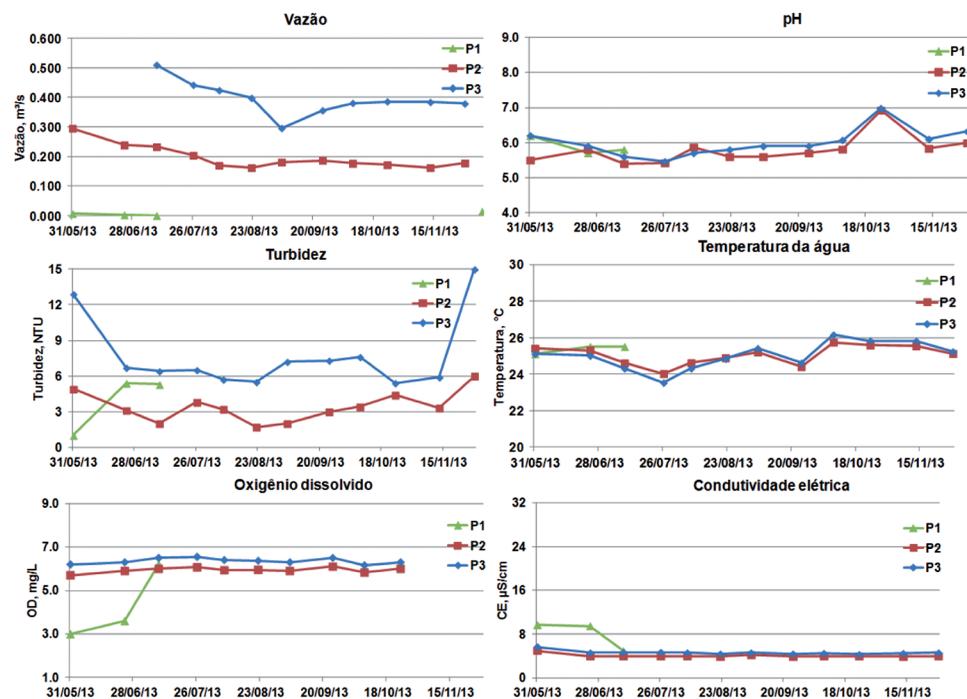


Figura 2. Parâmetros qualitativos nos diferentes pontos de coleta estudados.

Considerações finais

As próximas ações voltadas ao monitoramento da bacia experimental deverão contemplar um maior detalhamento dos aspectos topográficos para a geração de um novo mapa com as áreas de contribuição de cada ponto monitorado, bem como a solução de problemas com os sensores de qualidade de água e o início da coleta de sedimentos nos pontos de monitoramento.

Referência

RIEGER, F. A. Perdas de água e solo em integração lavoura floresta e cultivos solteiros sob chuva natural na região de transição cerrado/amazônia. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop.

Qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas microbacias dos igarapés Cumarú e São João, tributárias da Bacia do Rio Maracanã, nordeste paraense

Quality of surface waters and groundwater in small catchments of the Cumarú and São João streams, tributaries of the Maracanã River Basin, Northeast of Pará state

Luciana Gonçalves Cardoso Creão*¹;
Ricardo de Oliveira Figueiredo²;
Juliana Feitosa Felizzola³

Resumo

Serão estabelecidas três estações de amostragem da água fluvial na microbacia do Cumarú e quatro na microbacia do São João, as quais são ocupadas por Sistemas Agroflorestais (SAF), cultivos com derruba e queima, cultivos sem uso do fogo, pastagens, capoeiras e florestas ripárias. As medidas hidrológicas e físico-químicas, assim como as coletas de amostras de água serão realizadas mensalmente para análises laboratoriais de parâmetros químicos. A partir dos dados gerados, será realizada a análise fatorial para seleção dos parâmetros mais importantes para compor o Índice de Qualidade de Água (IQA). O nível de eutrofização será avaliado a partir do índice de estado trófico (IET). Essa pesquisa possibilitará a seleção de indicadores dos efeitos da agricultura sobre os recursos hídricos no contexto da Amazônia Oriental em áreas de ocupação similares, e poderá embasar a gestão de bacias na região. Termos para indexação: gestão hídrica, hidrobiogeoquímica, poluição, recursos hídricos, uso da terra.

¹ Universidade Federal do Pará, lucianacreao@gmail.com

² Embrapa Meio Ambiente, ricardo.figueiredo@embrapa.br

³ Embrapa Amazônia Oriental, juliana.felizzola@embrapa.br

Abstract

We will establish three sampling stations in the Cumarú stream and four in the São João stream, which watersheds are occupied by agroforestry, slash and burn agriculture, chop and mulch agriculture, pastures, fallow vegetation, and riparian forest. The hydrological and physicochemical measures, as well as the water collections will be performed monthly for chemical analyzes at laboratory. Factor analysis of the data will be performed to select the most important parameters to compose the index of water quality. The level of eutrophication will be assessed from the trophic state index. This research will enable the selection of indicators of the effects of agriculture on water resources in the context of eastern Amazonia in similar areas, and generate knowledge for the management of basins in the region.

Index terms: water management, hydrobiogeochemistry, pollution, water resources, land use.

Introdução

O motivo principal para se estudar e monitorar os recursos hídricos é a premissa básica de que a qualidade da água reflete a natureza dinâmica da bacia hidrográfica, espelhando, também, as contínuas inter-relações entre processos biogeoquímicos, hidrológicos e sedimentológicos naturais e aquelas atividades associadas com a ocupação e uso humanos (CUNHA, 2000).

Quando se utiliza o termo “qualidade de água”, deve-se compreender que o termo não se refere a um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas, que consideram as diferentes finalidades para o uso da água (LIMA; CHAVES, 2008; MERTEN; MINELLA, 2002). O objetivo geral deste trabalho é identificar, a partir do teste de normalidade, os parâmetros mais importantes para uma avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos igarapés Cumarú e São João e outras similares na região.

Material e métodos

Na microbacia do Igarapé Cumarú serão estabelecidas três estações de amostragem, sendo uma em área de nascente e duas no canal principal, enquanto que na microbacia do Igarapé São João serão quatro estações, duas em área de nascente e duas no canal principal (Figura 1). Os principais usos da terra a serem considerados nessas microbacias são: Sistema Agroflorestal (SAF), cultivo com derruba e queima, cultivo sem uso do fogo, pastagem, capoeira e floresta ripária. As campanhas de campo ocorrerão mensalmente ao longo de dois anos.

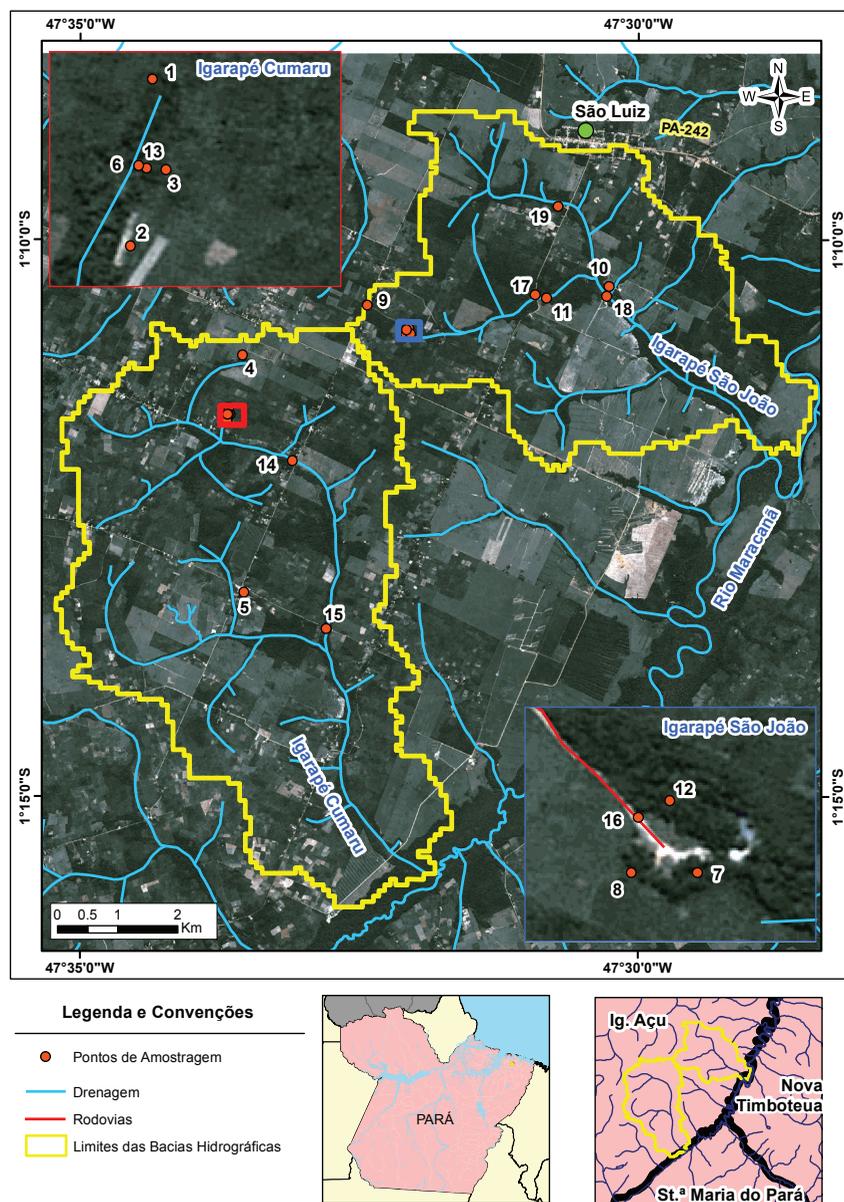


Figura 1. Mapa de localização dos pontos de amostragem nas bacias dos igarapés São João e Cumarú, nordeste paraense.

Fonte: Embrapa Amazônia Oriental (2014)⁴.

⁴ Mapa obtido no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental em 2014.

Para água superficial, coletas em triplicata serão realizadas a 20-25 cm de profundidade utilizando-se frascos de polipropileno de 250 ml (boca larga; Ø = 4 cm). Para a amostragem da água subterrânea, serão perfurados 30 poços distribuídos nos diferentes usos da terra.

Serão analisados os parâmetros: sólidos totais, turbidez, temperatura, pH, condutividade, clorofila a, oxigênio dissolvido, DBO, Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), Nitrogênio Orgânico Dissolvido (NOD), Nitrogênio Total (NTD), Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , Cl^- .

As concentrações dos íons serão determinadas por cromatografia iônica (*Dionex* modelo DX-120). Temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e concentrações de oxigênio dissolvido serão determinados com sonda multiparâmetros (*HORIBA* modelo HI 9828). Para a determinação da concentração de COD, CID e NOD será utilizado um analisador *Shimadzu* modelo TOC-V CSN. As amostras para a determinação do CID serão acidificadas (HCl 2N) no próprio analisador, para a conversão das espécies de carbono inorgânico em CO_2 . A concentração de NTD será determinada com o mesmo equipamento por meio de seu módulo para nitrogênio. A concentração de NOD será calculada por meio da subtração das concentrações das formas inorgânicas de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+).

Os resultados serão analisados quanto à natureza das distribuições paramétricas ou não paramétricas, a partir do teste de normalidade. Posteriormente, serão feitas análises descritiva e de correlação dos parâmetros. Para a seleção dos parâmetros que irão compor o índice de qualidade de água será aplicada técnica multivariada de análise fatorial. O nível de eutrofização será avaliado a partir do índice de estado trófico. As análises estatísticas serão feitas em programas computacionais.

Resultados e discussão

Espera-se identificar os principais parâmetros para a determinação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas das microbacias dos igarapés do Cumarú e São João e outras similares da mesma região. Os resultados serão integrados aos do Projeto Componente 3 da Rede AgroHidro, incorporando informações ao banco de dados deste em relatórios, após sua publicação em periódicos científicos e tese.

Considerações finais

Os resultados obtidos poderão subsidiar planos de gestão e manejo agropecuário sustentável em bacias amazônicas.

Referências

CUNHA, A. C. da. **Monitoramento, parâmetros e modelos da qualidade da água**. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2000. 83 p.

LIMA, V. L. de A.; CHAVES, L. H. G. **Qualidade da água**. Campina Grande: UFCG, 2008. 120 p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

Avaliação dos processos biogeoquímicos, sob diferentes usos e cobertura do solo em Tomé-Açu, PA

Evaluation of biogeochemical processes under different land use and soil coverage in Tomé-Açu, PA

Dinara Costa Silva¹; Vania Neu²;
Ricardo de Oliveira Figueiredo³;
Juliana Feitosa Felizzola⁴;
Josiane dos Prazeres Pimentel⁵

Resumo

O presente trabalho objetiva quantificar e avaliar parâmetros hidrobiogeoquímicos em áreas sob diferentes usos e cobertura do solo. A hipótese é de que existe um efeito mitigatório dos impactos sobre os recursos hídricos devido à adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs), quando comparado a monocultivos. A avaliação será realizada em Tomé-Açu (PA), ao longo de um ano hidrológico, com amostragens quinzenais durante o período chuvoso e amostragens mensais durante o período seco, a fim de compreender as variações sazonais quanto à hidrobiogeoquímica dos sistemas. O trabalho irá gerar conhecimento acerca dos sistemas de produção menos impactantes sobre recursos hídricos na Amazônia Oriental.

Termos para indexação: sistemas de cultivo, impactos, recursos hídricos.

¹ Universidade Federal do Pará, dinara.ufpa@gmail.com

² Universidade Federal Rural da Amazônia, bioneu@yahoo.com.br

³ Embrapa Meio Ambiente, ricardo.figueiredo@embrapa.br

⁴ Embrapa Meio Ambiente, juliana.felizzola@embrapa.br

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia, josianepimentel@gmail.com

Abstract

This Project aims to quantify and evaluate hydrobiogeochemical parameters of areas under different land use and soil coverage. The hypotheses is that there is a mitigatory effect of the impacts to the water resources due to the adoption of agroforestry systems when compared to monocultures. The study will be conducted in Tomé-Açu (PA) during a hydrologic year. Sampling will be done biweekly along the rainy season and monthly along the dry season, allowing seasonal comparisons regarding to the hydrogeochemistry of the different agriculture systems. This research work will generate knowledge about the systems that cause less impacts to the water resources in the Eastern Amazonia.

Index terms: cultivation system, impact, water resources.

Introdução

A expansão da agropecuária na Amazônia tem resultado em impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos. Impactos que são em grande parte resultado da utilização de técnicas de cultivo inadequadas para este bioma. As mudanças de uso do solo podem resultar em mudanças no regime hidrológico e biogeoquímico com redução da precipitação e alteração na química das águas (COSTA, 2000). Para compreender estas mudanças, faz-se necessário estudar detalhadamente os diferentes agroecossistemas dentro de cada bioma, para estimular o desenvolvimento sustentável, com a conservação de seus recursos naturais.

É possível prever e detectar a degradação dos recursos naturais dentro dos limites hidrográficos, por meio de parâmetros biogeoquímicos, avaliando as principais vias de entrada e saída de elementos nos diferentes ecossistemas (MOULTON; SOUZA, 2005). Neste sentido, pretende-se quantificar e avaliar, o efeito mitigatório dos impactos sobre os recursos hídricos, devido à adoção de SAFs, em substituição a monocultivo no Município de Tomé-Açu (PA), promovendo a geração de conhecimento a respeito das técnicas de cultivo mais adequadas para produção na Amazônia Oriental.

Neste estudo hidrobiogeoquímico serão avaliadas as variáveis: pH, condutividade elétrica, concentrações de cátions (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}), ânions (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , Cl^-), e Carbono Orgânico Dissolvido (COD) no escoamento superficial do solo, solução de solo e chuva, acompanhando a variabilidade sazonal sob diferentes sistemas: agroflorestal, monocultivo florestal e floresta. No escoamento superficial do solo será ainda determinado o volume de água coletada e a concentração de sedimento transportado nos sistemas.

As práticas agroecológicas trazem como proposta a minimização dos impactos negativos sobre os ecossistemas terrestres e aquáticos (MOURÃO, 2001). Partindo deste ponto trabalha-se com a hipótese de que a adoção de

SAFs, em substituição ao monocultivo, pode minimizar os impactos sobre os recursos hídricos. Dessa forma, por meio dos parâmetros acima citados pretende-se quantificar e avaliar esse efeito mitigatório.

Material e método

O estudo está sendo desenvolvido na Mesorregião Nordeste Paraense, no Município de Tomé-Açu, distrito de Quatro Bocas ($2^\circ 40' 54''$ S e $48^\circ 16' 11''$ W), estado do Pará. O município é drenado pela Bacia do Rio Acará-Mirim, a qual possui suas nascentes ao sul do município, e segue na direção norte-nordeste até desaguar no Rio Acará (RODRIGUES, et al., 2001). As áreas experimentais estão localizadas na Fazenda Konagano e Fazenda Arai, drenadas pelo igarapé Anuerá, um afluente do Rio Acará-Mirim. O clima é quente e úmido, compreendido na zona climática A (tropical chuvoso), segundo classificação de Koppen (PACHECO; BASTOS, 2001). A temperatura média máxima é de $34,4^\circ\text{C}$ e a média mínima é de $21,1^\circ\text{C}$, com precipitação anual média de 2.500 mm. A região é caracterizada por dois períodos distintos, o chuvoso (dezembro a maio), com índices pluviométricos mensais superiores a 150 mm, totalizando aproximadamente 80% do total anual de chuva, e menos chuvoso (junho a novembro), com índices pluviométricos que variam de 49 a 105 mm (PACHECO; BASTOS, 2001).

A cobertura vegetal original do município é a Floresta Ombrófila Densa, mas atualmente observa-se vários fragmentos de floresta secundária em diversos estádios (capoeira), formados após o abandono das áreas pelas atividades agropecuárias. O solo é do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, com variação de textura de argilosa à média (PROJETO RADAM, 1974b).

Parte da microbacia foi dividida em 6 parcelas, sendo duas com sistema agroflorestal, duas com monocultivo florestal e duas áreas de floresta, todas sob as mesmas condições edafoclimáticas. A avaliação hidrobiogeoquímica considerará a sazonalidade pluviométrica ao longo de um ano hidrológico, com amostragens quinzenais, no período chuvoso, e mensais no período seco. Cada parcela contém 3 coletores de escoamento superficial, 2 extratores de solução de solo sob tensão a 20 e 50 cm de profundidade e 1 pluviômetro. Na primeira área experimental (Fazenda Konagano) foram instalados, em área aberta, coletores de chuva em triplicata.

As datas das coletas serão definidas conforme os eventos de chuva, e entre os intervalos de amostragem os coletores ficam desativados. Após a coleta, as amostras são separadas em alíquotas (frascos de vidro pré-calcinados para COD e frascos de polietileno, descontaminados, para cátions e ânions), preservadas (com HCl e Thymol) e então medidos pH e condutividade. As amostras de COD serão analisadas em equipamento da marca SHIMADZU, modelo TOC 5000A (SHIMADZU, 2014). Já as concentrações de cátions e ânions serão determinadas por cromatografia líquida, em equipamento da marca DIONEX, modelo DX500 (THERMO SCIENTIFIC, 2014).

Para determinar o volume de sedimento transportado no escoamento superficial do solo, as amostras serão filtradas com filtros de acetato celulose (porosidade 0,4 µm) previamente pesados, e após filtragem e secagem será obtido novo peso. A diferença de peso multiplicado pelo volume das amostras coletadas irá indicar o volume de sedimento transportado, o qual será calculado para estimativa da carga anual por hectare de área da bacia.

Resultados esperados

- 1) Espera-se que, ao final da pesquisa, sejam identificados os métodos silviculturais produtivos com menores impactos sobre os recursos hídricos para Mesorregião Nordeste Paraense.
- 2) Espera-se demonstrar a eficiência dos SAFs e seus benefícios ambientais, as vantagens em adotá-lo em substituição aos sistemas de monocultivo na Amazônia. Espera-se ainda demonstrar que os SAFs nem sempre devem ser caracterizados como pouco produtivos, e que estes trazem benefícios como melhoria da qualidade da água e redução da perda de nutrientes do solo, promovendo serviços ecossistêmicos para a sociedade.

Referências

COSTA, F. A. Políticas públicas e dinâmica agrária na Amazônia. In: TURA, L. R., COSTA, F. de A. (Org.). **Campesinato e Estado na Amazônia: impactos do FNO**. Brasília, DF: Brasília Jurídica, 2000. p. 63-106.

MOULTON, T. P.; SOUZA, M. L. Conservação com base em bacias hidrográficas. In ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H.G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. (Ed.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos, SP: Rima, 2006. p. 157-181.

MOURÃO, P. L. Diagnóstico sobre os quintais agroflorestais e o trabalho feminino em sistemas de produção no município de Abaetetuba - Pará. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 4., 2001, Belém. **Anais...** Belém, PA: SBSP: UFPA, 2001. 1 CD-ROM.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. **Caracterização climática do município de Tomé-Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 18 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 87).

PROJETO RADAM. **Folha SA.22 Belem**: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1974. v. 5. Paginação irregular. il. (Levantamento de recursos naturais, 5). Projeto de Integração Nacional.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; ROLLIM, P. A. M.; SANTOS, E.; REGO, R. S.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. **Caracterização e classificação dos solos do município de Tomé-Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 49 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 117).

SHIMADZU. North America Analytical and Measuring Instruments. **[Home Page]**. 2014. Disponível em: < <http://www.ssi.shimadzu.com/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

THERMO SCIENTIFIC. 2014. Disponível em: <<http://www.dionex.com/en-us/products/ion-chromatography/lp-71367.html>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

Monitoramento da solução do solo e da água subterrânea em estudo hidrobiogeoquímico de duas microbacias da Amazônia Oriental

Monitoring soil solution and groundwater in a hydrobiogeochemical study of two small catchments in the Eastern Amazonia

Juliana Feitosa Felizzola*¹; Ricardo de Oliveira Figueiredo²;
Cristiane Formigosa Gadelha da Costa⁴; Pedro Gerhard¹;
Orlando dos Santos Watrin¹; Vania Neu³

Resumo

Durante oito meses, foram planejados, comprados e instalados poços e lisímetros, e coletores de litter para a execução do monitoramento hidrobiogeoquímico em duas microbacias (igarapés São João e Cumaru) com diversos usos da terra (Vegetação Ripária, Capoeira, Cultivo com Queima, Cultivo Sem Queima, Sistema Agroflorestal). No total foram instalados: 72 coletores de (*litter leachate*) lixiviação da serapilheira; 96 extratores de solução de solo, nas profundidades de 30 e 60 cm; e 30 piezômetros, com profundidades variando de 8 a 12 m. A alocação e preparação dos instrumentos nas duas microbacias visam analisar os fluxos hidrobiogeoquímicos dos componentes do ciclo hidrológico - fluxos subsuperficiais e subterrâneos, e é discutida neste trabalho.

Termos para indexação: extratores de solução do solo, fluxos hidrobiogeoquímicos, lisímetros, piezômetros.

¹ Embrapa Amazônia Oriental, {juliana.felizzola;orlando.watrin}@embrapa.br; pedro.gerhard@gmail.com

² Embrapa Meio Ambiente, ricardo.figueiredo@embrapa.br

³ Universidade Rural da Amazônia, bioneu@yahoo.com.br

⁴ Cena/Esalq-USP, cristianeformigosa@yahoo.com.br

Abstract

Along eight months as a preparation for a hydrobiogeochemical monitoring of two small catchments (São João and Cumaru streams) with several land use types (Riparian Vegetation, Secondary Forest, Slash-and-Burn Agriculture, Chop-and-Mulch Agriculture, Agroforestry) it was installed 72 litter leachate lysimeters, 96 soil solution extractors at 30 and 60 cm depth, and 30 piezometers (depths varying from 8 to 12 m). This instrumentation that goals to analyze the hydrobiogeochemical fluxes of the water cycle, subsuperficial and groundwater paths, is discussed in this work.

Index terms: smallholder farms, soil solution extractors, hydrobiogeochemical fluxes, lysimeters, piezometers.

Introdução

A agricultura amazônica na “Zona Bragantina” ainda baseia-se predominantemente no sistema de cultivo de derruba e queima, desde quando iniciada sua colonização agrícola há mais de 130 anos. Com o aumento da pressão do sistema agrícola sobre o uso de solo, técnicas de sistema de plantios, como o corte e trituração da capoeira, tem se apresentado como alternativas (KATO, 1998). Com o propósito de obter informações sobre os efeitos ecológicos de diferentes usos da terra praticados na região, um estudo sobre a dinâmica dos fluxos de água e de alguns nutrientes será conduzido durante 3 anos. A partir das análises dos resultados do monitoramento serão propostos indicadores ambientais de qualidade da água de duas microbacias, Cumaru e São João, ocupadas por um mosaico de usos de terra praticados pelos agricultores familiares que se constituem nos habitantes e trabalhadores predominantes na região. O monitoramento hidrobiogeoquímico será realizado na escala do uso agrícola praticado, para posterior relação com uma escala maior (da microbacia como um todo). O uso agrícola e o manejo das propriedades rurais a serem investigados em suas contribuições para os fluxos hidrobiogeoquímicos serão: capoeira jovem (terra em pousio por até 20 anos); cultivo com derruba e queima; cultivo com corte e trituração; pastagem; sistemas agroflorestais; e vegetação ripária pouco alterada.

Material e método

Para este estudo foram consideradas as microbacias hidrográficas dos igarapés Cumaru e São João, tributários do Rio Maracanã, no Município de Igarapé-Açu, nordeste do Estado do Pará.

Visando ao tratamento e à análise do conjunto de dados e informações georreferenciadas das áreas de estudo, foi estruturada uma base de dados geográficos contendo, além das redes de drenagem e estradas, os limites das

basias hidrográficas e os correspondentes pontos de amostragem para monitoramento da qualidade físico-química da água. Visando ao levantamento multitemporal do uso e cobertura da terra, foram selecionadas imagens digitais de alta resolução espacial, SPOT, referentes aos anos de 2008 e 2010, e RapidEye para o ano de 2012, que encontram-se em fase de análise.

Os pontos selecionados nas duas microbasias foram marcados com *Global Positioning System* (GPS) para a geração de um mapa de localização dos pontos amostrais, que incluem tanto os locais de avaliação de solução de solo e subterrânea, quanto os trechos de amostragem da água fluvial prevista para os estudos complementares àquele aqui apresentado.

Para realizar o monitoramento da lixiviação da serapilheira, solução de solo e água subterrânea, estão sendo alocados, respectivamente: - um total de 72 coletores de lixiviação da serapilheira (*litter leachate*), com 3 repetições em cada sistema de uso avaliado; um total de 96 extratores de solução de solo nas profundidades de 30 cm e 60 cm, com duas repetições em cada sistema de uso avaliado; um total de 30 poços em profundidades, que variam de 12 a 18 metros, alocados nos diferentes sistemas de uso avaliados.

O monitoramento da água infiltrada tem o intuito de avaliar os processos orgânicos e inorgânicos no solo superficial e na liteira deposicional, que resultam na disponibilização de nutrientes e carbono na solução de solo, enquanto que a determinação da água em profundidade objetiva avaliar os mesmos elementos lixiviados ao longo de todo o perfil do solo mineral até o nível do lençol freático.

Resultados e discussão

No tocante às análises espaciais das áreas de estudo, está sendo realizado o processo de classificação de imagens de satélite no intuito da geração de mapas temporais do uso e cobertura da terra. Os mapas preliminares gerados permitirão que estes sejam avaliados em campo, de modo a garantir a acurácia das informações coletadas. A instalação de equipamentos em campo nos pontos amostrais, 8 meses antes do monitoramento, foi planejado de acordo com a compra de material e de instalação em cada microbasia. O tempo previsto permitiu a construção de extratores de solução, lisímetros e testes em laboratório, como a retenção de vácuo no extrator em até 15 dias e, as possibilidades de identificação de vazamento de vácuo. Foi dada atenção ao processo de instalação no solo para que não houvesse bolsões de ar entre a cápsula porosa do extrator e as partículas do solo, que prejudicasse a promoção do movimento da água por capilaridade até os coletores que compõem o sistema do extrator (GROSSMANN; UDLUFT, 1991). Tais extratores foram implantados oito meses antes do início do monitoramento para que haja equilíbrio entre sua capsula de cerâmica e o solo e, para que sejam feitos testes de eficiência de seu funcionamento.

Em áreas de pastagem, houve a necessidade de construção de cercas devido à quebra de lisímetros pelos animais. Adicionalmente, foram necessários esclarecimentos aos agricultores familiares sobre a instalação desses equipamentos para garantir a manutenção destes nas áreas selecionadas.

Trabalhos futuros

A partir da obtenção das imagens temáticas finais do uso e cobertura da terra nos anos considerados neste estudo, será realizada a análise da dinâmica da paisagem, e o processo de álgebra de mapas entre imagens de anos consecutivos. A próxima etapa incluirá alocação de pluviômetros nas microbasias, substituição de extratores danificados, pré-amostragem de água para testes em laboratório e treinamento de pessoal para as amostragens, medidas de campo e análises laboratoriais para a obtenção de dados.

Referências

- KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the bragantina region, eastern Amazon: crop performance and nitrogen dynamics.** Gottingen: Cuvillier, 1998. 132. p.
- GROSSMANN, J.; UDLUFT, P. The extraction of soil water by the suction-cup method: a review. **Soil Science**, Baltimore, n. 42, n. 1, p. 83-93, Mar. 1991.

Quantificação de parâmetros biofísicos no norte de Minas Gerais - parte b: produtividade da água em larga escala

Quantification of biophysical in the North of Minas Gerais - part b: large scale water productivity

Antonio Heriberto de Castro Teixeira*¹;
Ricardo Guimarães Andrade¹;
Janice Freitas Leivas¹; Daniel de Castro Victoria¹

Resumo

Para analisar os efeitos da mudança de uso da terra no norte de Minas, a evapotranspiração (ET), produção de biomassa (BIO) e produtividade da água (PA) foram quantificados com imagens Modis ao longo do ano de 2012. O algoritmo *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving* (Safer) foi usado para a obtenção da ET, enquanto que o modelo de Monteith da radiação foi aplicado para a estimativa da BIO e a PA foi considerada como a razão da BIO pela ET. Os municípios com maiores valor de PA foram Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba superiores a 3,0 kg m⁻³. Maiores heterogeneidades entre os *pixels* nestes municípios estão relacionadas à introdução de culturas irrigadas nas vizinhanças do Rio São Francisco.

Termos para indexação: evapotranspiração, radiação solar, produção de biomassa.

Abstract

For analysing the land use effects in the North of Minas, the evapotranspiration (ET), biomass production (BIO) and water productivity (WP) were quantified

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, {heriberto.teixeira;ricardo.andrade;janice.leivas;daniel.victoria}@embrapa.br

by using Modis images throughout the year of 2012. The Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (Safer) algorithm was used to retrieve ET, while the radiation Monteith's model was applied to estimate BIO and PA was considered as the ratio of BIO to ET. The municipalities with the highest values were Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, larger than 3.0 kg m⁻³. Higher pixel heterogeneities inside these municipalities are related to the introduction of irrigated crops at the vicinities of the São Francisco River.

Index terms: evapotranspiration, solar radiation, biomass production.

Introdução

No norte de Minas Gerais, as culturas irrigadas vêm substituindo rapidamente a vegetação natural. Esta mudança de uso da terra destaca a importância de desenvolvimento e aplicações de ferramentas para quantificação dos parâmetros de produtividade da água em larga escala, permitindo análises da dinâmica dos agros-ecossistemas mistos.

O objetivo desta pesquisa foi combinar o algoritmo Safer para o cálculo da ET com o modelo de Monteith para obtenção da BIO, demonstrando-se que estes, quando usados com imagens Modis e dados agrometeorológicos, são úteis para o acesso à PA em agros-ecossistemas mistos no norte de Minas Gerais.

Material e métodos

Dados de seis estações agrometeorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram usados juntamente com o produto reflectância para as bandas 1 (α_1) e 2 (α_2) para intervalos de 16 dias no ano de 2012. Para o cálculo do albedo da superfície (α_0) a seguinte equação foi aplicada:

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (1)$$

onde **a**, **b** e **c** são coeficientes de regressão (TEIXEIRA et al., 2013).

T_0 foi estimada pelo resíduo no balanço de radiação diário (TEIXEIRA et al., 2013), em que a equação para a obtenção de R_n usada no período de 24 horas é descrita como:

$$R_n = (1 - \alpha_0) RS \downarrow - a_1 \tau_w \quad (2)$$

o coeficiente de regressão a_1 foi distribuído espacialmente através da sua relação com temperatura do ar (TEIXEIRA et al., 2013).

Com o modelo Safer, obteve-se a ET a qual juntamente com a BIO permitiu as análises de produtividade da água (TEIXEIRA et al., 2013).

$$PA = \frac{BIO}{ET} \quad (3)$$

Resultados obtidos

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos valores anuais da ET, BIO e PA, abrangendo os municípios situados no centro de desenvolvimento norte de Minas Gerais da Bacia do Rio São Francisco.

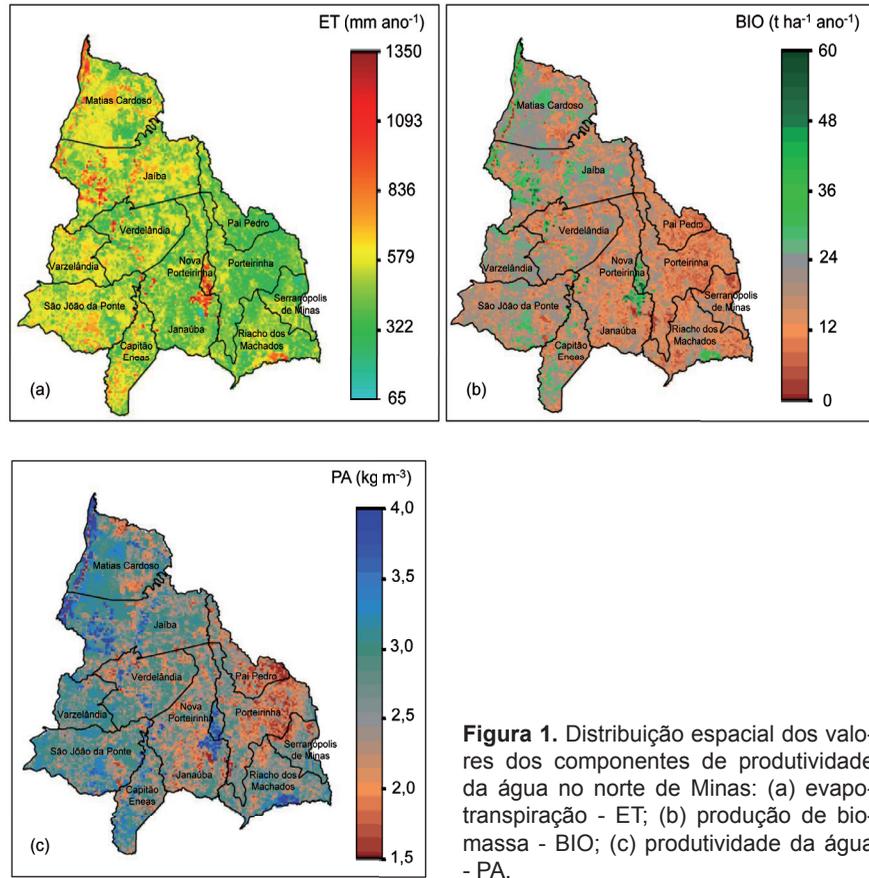


Figura 1. Distribuição espacial dos valores dos componentes de produtividade da água no norte de Minas: (a) evapotranspiração - ET; (b) produção de biomassa - BIO; (c) produtividade da água - PA.

A variação espacial dos parâmetros de produtividade da água é evidente, com os pixels de maiores valores representando as culturas agrícolas bem irrigadas. Para estas últimas condições, ET, BIO e PA são, respectivamente, acima de 1000 mm ano⁻¹, 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 3.5 kg m⁻³. Destaques são para os municípios de Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, onde são claros os efeitos da mudança de uso da terra.

Os valores médios municipais da produtividade da água intervalos de 16 dias considerando-se cinco períodos de dias julianos (DJ) são apresentados na Figura 2.

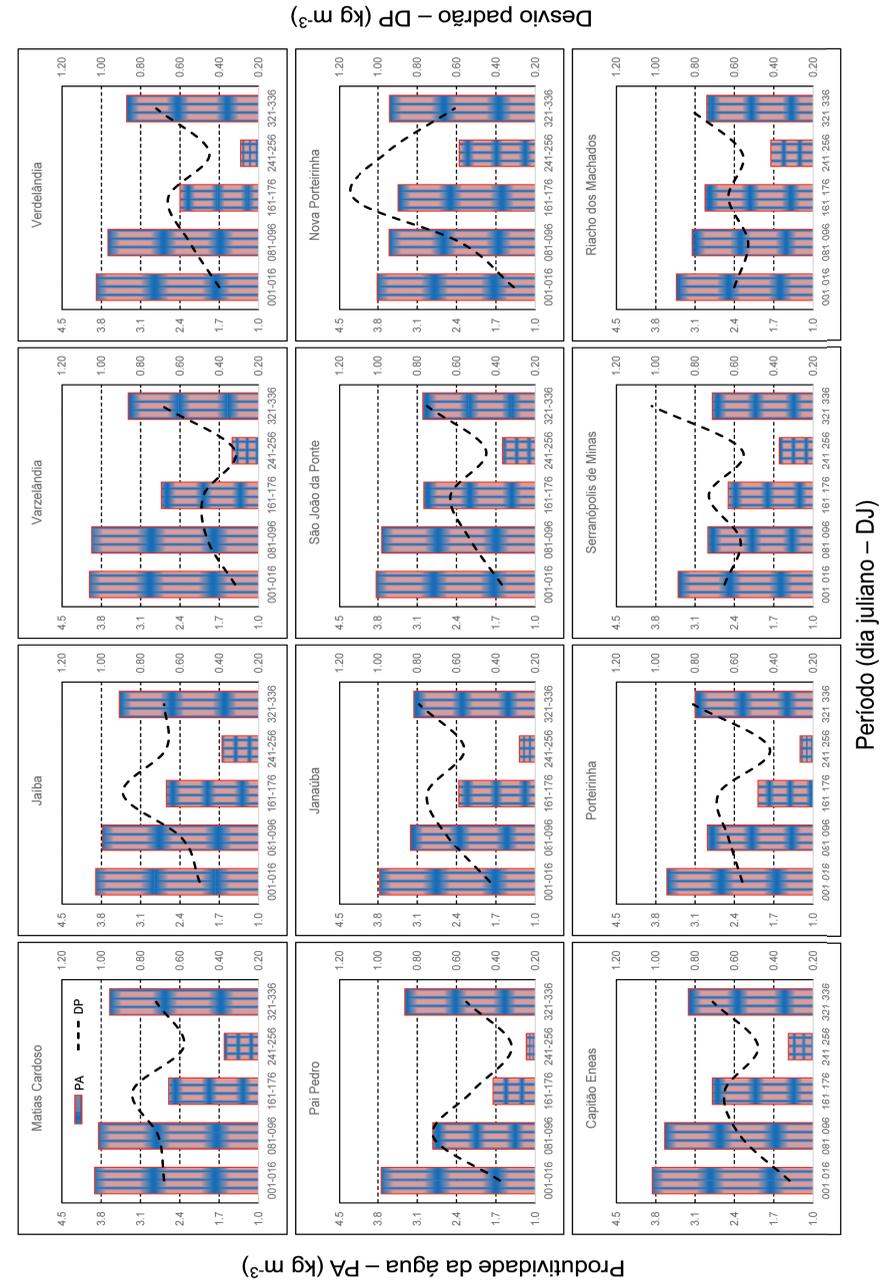


Figura 2. Valores médios da produtividade da água (PA) para períodos de dias julianos (DJ) distintos no norte de Minas Gerais.

Os máximos de PA ocorreram no período mais úmido de DJ 001-016, com destaque para o Município de Varzelândia com valor médio de $4,0 \text{ kg m}^{-3}$ neste período. Menores faixas de PA são para o período naturalmente mais seco de DJ 241-256, com o Município de Porteirinha apresentando um valor médio de $1,2 \text{ kg m}^{-3}$.

De acordo com os desvios padrões, percebem-se geralmente dois picos ao longo do ano, no início da estação chuvosa (DJ 321-336) e após as chuvas (DJ 161-176). Neste último período destaque acontece para Nova Porteirinha, que apresenta desvio padrão acima de $1,0 \text{ kg m}^{-3}$, como consequência de uma maior mistura de culturas irrigadas e vegetação natural seca.

Conclusões

Os modelos testados com imagens Modis e dados climáticos no norte de Minas Gerais, podem ser implementados operacionalmente, para o monitoramento da intensificação da agricultura irrigada e dos impactos causados por esta mudança de uso da terra nos recursos naturais.

Referência

TEIXEIRA, A. H. de C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F. Large-scale water productivity assessments with Modis images in a changing semi-arid environment: a Brazilian case study. *Remote Sensing, Basel*, v. 5, n. 11, p. 5783-5804, Nov. 2013. Doi:10.3390/rs5115783.

Quantificação de parâmetros biofísicos no norte de Minas Gerais - parte a: balanço de energia em larga escala

Quantification of biophysical parameters in the North of Minas Gerais - part a: large scale energy balance

Antonio Heriberto de Castro Teixeira*¹;
Ricardo Guimarães Andrade¹;
Janice Freitas Leivas¹; Daniel de Castro Victoria¹

Resumo

Imagens MODIS e estações agrometeorológicas no ano de 2012 foram usadas na modelagem dos componentes do balanço de energia em larga escala em região semiárida do norte de Minas Gerais, Bacia do Rio São Francisco. Considerando-se toda a área estudada, as partições do saldo de radiação (R_n) para fluxos de calor sensível (H) e latente (LE) foram em média 0,51 e 0,49, respectivamente. Destaques são para Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, que apresentaram maiores percentagens da R_n fracionada em LE , respectivamente de 68%, 55% e 54%.

Termos para indexação: saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível.

Abstract

MODIS images and agrometeorological weather stations were used during the year of 2012 for modelling the energy balance components on large scale in the North of Minas Gerais, semiarid region of the São Francisco River basin. Considering the whole studied area, the partition of net radiation (R_n)

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, {heriberto.teixeira;ricardo.andrade;janice.leivas;daniel.victoria}@embrapa.br

as sensible (H) and latent (LE) were in average 0.51 and 0.49, respectively. Highlights are Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, which presented larger percentages of R_n partitioned as LE , respectively 68%, 55% and 54%. Index terms: net radiation, latent heat flux, sensible heat flux.

Introdução

Nas condições de mudança da vegetação natural por culturas agrícolas no centro de desenvolvimento norte de Minas Gerais da Bacia do Rio São Francisco, são significativos os efeitos meso climáticos de curto e médio prazo. O sensoriamento remoto, conjuntamente com dados agrometeorológicos, permite a análise do balanço de energia em larga escala nestas condições (TEIXEIRA et al., 2013).

O presente trabalho visa à associação destas ferramentas na determinação dos componentes deste balanço em larga escala analisando-se os efeitos da mudança de uso da terra. Para estas análises, dados de estações agrometeorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e imagens Modis para o período de 2012 foram usados em conjunto.

Material e método

A Figura 1 apresenta a localização dos municípios estudados no Estado de Minas Gerais (MG), juntamente com seis estações agrometeorológicas automáticas do INMET utilizadas com interpolações das variáveis climáticas.

As estações foram usadas extraindo-se as reflectâncias para as bandas 1 (α_1) e 2 (α_2) do produto MOD13Q1, para intervalos de 16 dias, totalizando 23 imagens para cada banda no ano de 2012. Para o cálculo do albedo da superfície (α_0), a seguinte equação foi aplicada:

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (1)$$

onde a , b e c são coeficientes de regressão (TEIXEIRA et al., 2013).

T_0 foi estimada pelo resíduo no balanço de radiação diário (TEIXEIRA et al., 2013), sendo a equação para a obtenção de R_n usada no período de 24 horas descrita como:

$$R_n = (1 - \alpha_0) RS_{\downarrow} - a_1\tau \quad (2)$$

Em que RS_{\downarrow} é a radiação solar incidente, τ é a transmissividade atmosférica e a_1 o coeficiente de regressão, que foi distribuído espacialmente por meio de sua relação com a temperatura do ar (TEIXEIRA et al., 2013).

Com o modelo *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (Safer), obteve-se a evapotranspiração diária, a qual foi transformada em fluxo de

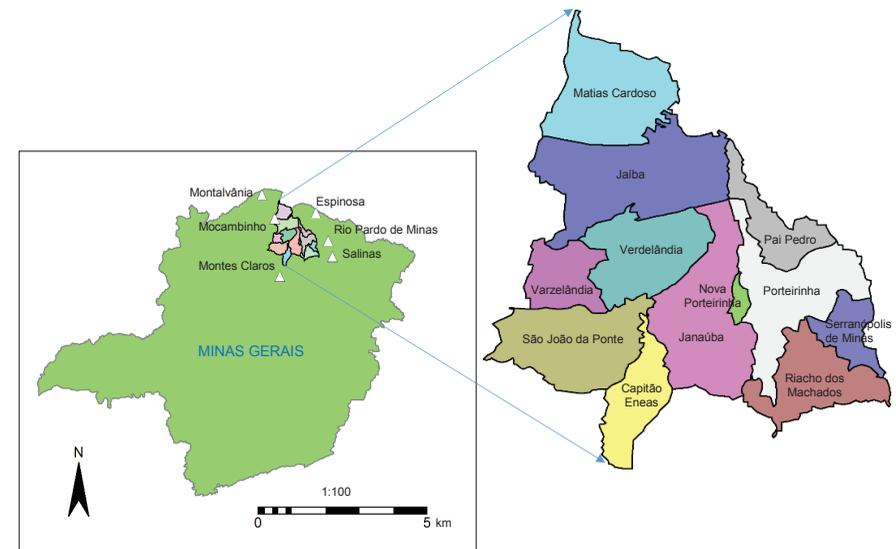


Figura 1. Localização dos municípios e estações agrometeorológicas no centro de desenvolvimento norte de Minas Gerais da Bacia do Rio São Francisco.

calor latente (LE) e o fluxo de calor sensível (H) estimado como resíduo na equação do balanço de energia, desprezando-se o fluxo de calor no solo (G) nesta escala de tempo (TEIXEIRA et al., 2013).

Resultados obtidos

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos componentes do balanço de energia para diferentes períodos de Dias Julianos (DJ). Não há uma distinção forte dos valores de R_n entre as áreas irrigadas e vegetação natural. O período com maior energia disponível é aquele com DJ entre 321 e 326, quando a média de R_n foi de $10,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, enquanto que para o período de menores valores (DJ entre 161 e 176), a média foi de $6,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2a). Também não há uma variação espacial grande, com valor de desvio padrão (DV) médio de $0,27 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ao longo do ano. Com relação a LE e H , as variações espaciais são mais evidentes (Figuras 2b e 2c). Considerando-se os valores municipais médios para LE e H , estes ficaram entre $3,4$ e $5,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $4,4$ e $2,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente para os municípios de Porteirinha e Nova Porteirinha. Maiores valores de LE para o último município pode ser atribuído à concentração de áreas irrigadas.

As diferenças entre as condições de irrigação e vegetação natural podem ser vistas quando se observam os valores de LE e H nas condições naturalmente mais secas (DJ 241 a 256). O período de maior utilização de R_n em de LE foi

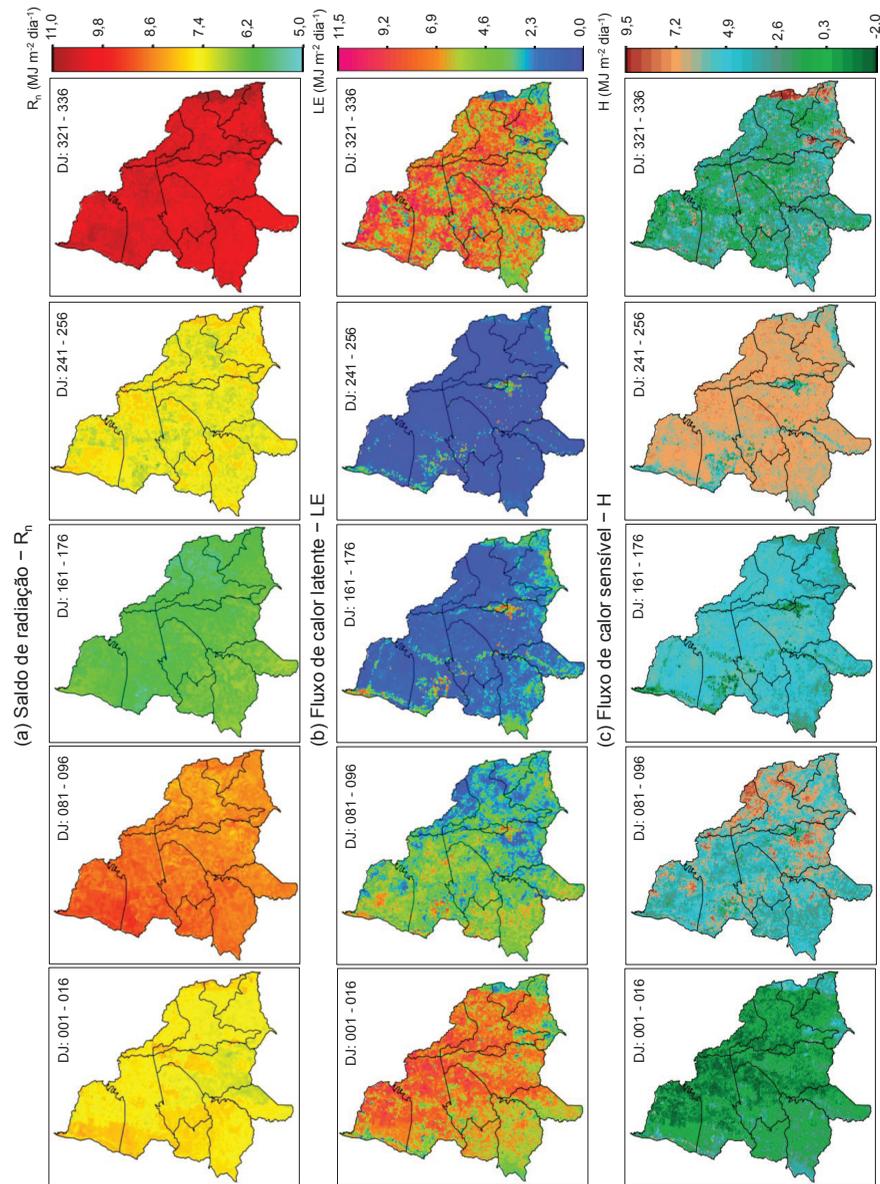


Figura 2. Distribuição espacial dos valores do saldo de radiação (R_n) nos municípios no norte de Minas para intervalos de Dia Juliano (DJ) ao longo do ano de 2012.

o período chuvoso de DJ 001 a 016, constatando-se ainda um aporte de energia adicional pela advecção pelos valores negativos de H. Considerando-se toda a área estudada, as partições de R_n para H e LE foram em média 0,51 e 0,49, respectivamente. Os municípios que apresentaram maiores frações evaporativas (LE/R_n) foram Nova Porteirinha (68%), Matias Cardoso (55%) e Jaíba (54%), o que está relacionado com maiores concentrações de áreas irrigadas com relação aos outros municípios.

Conclusões

Os componentes do balanço de energia podem ser estimados com aplicabilidade no norte de Minas Gerais, pelas medições das radiações na faixa do visível do sensor MODIS em conjunto com estações agrometeorológicas, por meio do modelo SAFER. Estes resultados são relevantes para o monitoramento de bacias hidrográficas com mudanças de uso da terra.

Referência

TEIXEIRA, A. H. de C.; HERNANDEZ, F. B. T.; LOPES, H. L.; SCHERER-WARREN, M.; BASSOI, L. H. A Comparative study of techniques for modeling the spatiotemporal distribution of heat and moisture fluxes in different agroecosystems in Brazil. In: PETROPOULOS, G. P. (Ed.). **Remote Sensing of energy fluxes and soil moisture content**. Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor & Francis Group, 2013. p. 169-191.

Composição da comunidade macrobentônica no reservatório de furnas (MG) em área de parque aquícola

Macroinvertebrate community composition in furnas reservoir (MG) at aquaculture park area

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva*¹;
Nayara Cyrino Carvalho¹; Marcos Eliseu Losekann¹;
Fernanda Garcia Sampaio¹; Ana Lucia Silva Marigo¹;
Marisa Pereira Carvalho¹; Kathia Cristhina Sonoda²

Resumo

O uso de métodos convencionais para análise da qualidade da água, como parâmetros físico-químicos, em áreas de reservatórios utilizadas para a aquicultura, não é suficiente para detectar possíveis impactos gerados a longo prazo. Sendo assim, o uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores associado aos métodos convencionais se torna uma análise mais completa e abrangente. O trabalho apresenta dados do monitoramento da qualidade da água em uma área de parque aquícola do reservatório de Furnas, com enfoque no biomonitoramento da comunidade macrobentônica colonizadora do sedimento, em áreas com e sem produção de peixe. Foi observado que a comunidade biológica em estudo não apresentou alterações relacionadas com a produção aquícola, mas sim com a localização dentro do reservatório.

Termos para indexação: reservatório de Furnas, biomonitoramento, macroinvertebrados, aquicultura.

¹ Embrapa Meio Ambiente, {mariana.silveira;marcos.losekann;fernanda.sampaio;ana.marigo;marisa.carvalho}@embrapa.br; nayaracyrino@yahoo.com.br

² Embrapa Cerrados, kathia.sonoda@embrapa.br

Abstract

The use of conventional methods for analysis of water quality such as physico-chemical parameters in reservoir areas used for aquaculture, is not sufficient to detect possible long-term impacts. Thus, the use of benthic macroinvertebrates as indicators associated with conventional methods, becomes a more complete and comprehensive analysis. The study presents data from water quality monitoring in an area of aquaculture park at Furnas reservoir, focusing on macrobenthic community colonizing the sediment in areas with and without fish production. It was observed that the biological community in the study did not present changes related with the aquaculture activity, but with the area of the reservoir (marginal or profundal).

Index terms: Furnas reservoir, biomonitoring, macroinvertebrates, aquaculture.

Introdução

A cessão, por parte do governo federal, de áreas de reservatórios para a aquicultura nos últimos anos e a criação de parques aquícolas têm promovido o estabelecimento e o crescimento da atividade no país. O cultivo de tilápia (*O. niloticus*) em tanques-rede se encontra em franco desenvolvimento no reservatório de Furnas (MG), porém algumas vezes isto se dá de maneira desordenada e sem a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPMs).

O projeto “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas (MG) - Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura”, financiado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), tem como principal objetivo desenvolver um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanques rede, assim como a adoção de Boas Práticas de Manejo para a gestão ambiental de parques aquícolas. Com base no monitoramento, será possível estimar e prever diversos impactos associados a eventuais não conformidades das atividades aquícolas e avaliar a capacidade de suporte ideal para garantir a sustentabilidade da aquicultura no reservatório (SAMPAIO et al., 2013).

A metodologia clássica por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos atende à legislação ambiental, porém é limitada quanto à capacidade de detecção de impactos de longo prazo, além de não contemplar importantes compartimentos do ecossistema aquático como o sedimento de fundo e a área de entorno dos reservatórios. Estes compartimentos abrigam uma variada fauna aquática de macroinvertebrados capaz de detectar impactos ambientais e alterações na qualidade da água por um prazo maior do que a avaliação físico-química. Estudos em microbacias brasileiras comprovaram a eficácia do uso destes organismos na detecção de alterações na qualidade da água (SILVEIRA et al., 2005; VALLE et al., 2013).

Assim, o presente trabalho apresenta os resultados parciais do biomonitoramento realizado no sedimento do reservatório de Furnas no ano de 2013, em áreas profundais e marginais. Pretende-se com este estudo elaborar um diagnóstico da qualidade da água, correlacionando-a com a atividade de aquicultura. Além disso, os dados obtidos servirão para a seleção de organismos bioindicadores, os quais poderão ser utilizados em Protocolos de Avaliação Rápida e na adoção de Boas Práticas de Manejo.

Material e métodos

- **Coleta e processamento de amostras:** o sedimento de fundo foi coletado com o auxílio de uma draga de Ekman-Birge de 2,5 L, em seis pontos profundais (P1 a P6) e em seis pontos marginais (M1 a M6), em tréplicas, sendo P1 e M1 localizados em área sem produção aquícola e os demais pontos com produção aquícola. As amostras coletadas foram acondicionadas e identificadas em potes plásticos de 500 ml, fixadas em formol a 4% e levadas ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP). Já no Laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras com malha de 250 micrômetros para retirada do material grosseiro e primeira triagem dos organismos bentônicos. Após a lavagem, o substrato foi levado para bandejas transluminadas para mais uma etapa de triagem dos organismos. Após estas etapas, o material restante foi observado em microscópio estereoscópio para triagem final e identificação taxonômica até o nível de gênero, para Chironomidae, e família para os demais grupos.
- **Análise de dados:** foram aplicadas algumas métricas de estrutura da comunidade, tais como: riqueza de espécies, diversidade, equitabilidade, abundância relativa de táxons. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa SAS 9.1. A correlação de Pearson foi usada para medir a associação linear que existe entre as variáveis físicas e químicas da água e a biota aquícola (PINHO et al., 2006). E a análise de agrupamento por Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) foi utilizada para se avaliar o grau de similaridade entre os pontos de coleta.

Resultados

As Tabelas 1 e 2 resumem os valores das métricas de estrutura da comunidade macrobentônica coletada em setembro de 2013. É possível observar que os pontos marginais apresentaram maiores valores de riqueza taxonômica (S) e diversidade (H'). Por outro lado, a dominância de Simpson (D) foi maior nos pontos profundais. Estes dados refletem um maior equilíbrio da comunidade bentônica nos pontos de margem. Acredita-se que a grande profundidade (faixa de 15 m a 20 m), bem como a escassa oferta de nutrientes e luz no sedimento profundo, nesta profundidade, tenham contribuído para estes resultados.

Tabela 1. Métricas de estrutura da comunidade macrobentônica nos pontos marginais no reservatório de Furnas em setembro de 2013, Guapé, MG.

Métricas	M1	M2	M3	M4	M5	M6
S	2	8	4	4	6	5
N° Ind.	5	49	91	192	49	21
H'	0,67	1,49	0,61	0,47	0,69	1,24
D	0,52	0,30	0,67	0,75	0,71	0,34
S _{Margalef}	0,62	1,80	0,66	0,57	1,28	1,31
J	0,97	0,72	0,44	0,34	0,38	0,77

Tabela 2. Métricas de estrutura da comunidade macrobentônica nos pontos profundais no reservatório de Furnas em setembro de 2013, Guapé, MG.

Métricas	P1	P2	P3	P4	P5	P6
S	3	1	1	2	4	2
N° Ind.	6	1	1	40	55	3
H'	0,87	0	0	0,12	0,44	0,64
D	0,5	1	1	0,95	0,80	0,55
S _{Margalef}	1,12	0	0	0,27	0,75	0,91
J	0,79	0	0	0,17	0,32	0,92

Desta forma, o impacto da atividade aquícola, se existente, é quase nulo, pois a comunidade bentônica não foi alterada por possíveis restos de ração e fezes que porventura chegassem no sedimento.

Também foi feita a análise de agrupamento com a comunidade bentônica a fim de se verificar a formação de grupos e se havia relação com a produção aquícola. O dendrograma gerado indicou que foram formados 3 grupos: o primeiro apresentou similaridade de aproximadamente 55% reunindo os pontos P1 e M1, sem produção aquícola; o segundo grupo foi formado pelos pontos P4 e P5, com alta similaridade (cerca de 80%); e o terceiro grupo apresentou cerca de 65% de similaridade, reunindo os pontos marginais M3 e M5. Estes dados indicam que a área sem produção aquícola se diferenciou dos demais pontos, independentemente de ser ponto marginal ou profundo. E entre os pontos com produção, estes se diferenciaram entre profundais e marginais, confirmando os resultados obtidos para as métricas de estrutura da comunidade bentônica.

Conclusão

Os dados de setembro serão comparados com os de dezembro de 2013, que no momento ainda estão sendo trabalhados.

Com os resultados obtidos espera-se: fazer um diagnóstico da qualidade da água com base em organismos bioindicadores e nas variáveis físico-químicas de qualidade de água; verificar a relação (se existente) de organismos sensíveis e/ou tolerantes aos impactos relacionados com a aquicultura; e contribuir com tomada de decisões referente à questão da gestão dos recursos hídricos e manejo da aquicultura.

Referências

- PINHO, A. P.; MATOS, A. T.; COSTA, L. M.; MORRIS, L. A.; MARTINES, M. A. Modelagem da retenção de herbicidas em zonas ripárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, 896-902, out./dez. 2006.
- SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques-rede em reservatórios. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 272, p. 1-11, jan./fev. 2013.
- SILVEIRA, M. P.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 101, p. 117-128, 2005.
- VALLE, I. C.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F. The influence of connectivity in forest patches, and riparian vegetation width on stream macroinvertebrate fauna. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v. 73, p. 231-238, 2013.

Disponibilidade de água no solo sob diferentes tensões no perímetro irrigado pontal sul, Petrolina - PE

Soil water availability under different tensions in pontal sul perimeter, Petrolina - PE

Clóvis Manoel Carvalho Ramos¹;
Luís Henrique Bassoi²;
Célia Regina Lopes Zimback³;
Joselina de Souza Correia^{*3}

Resumo

Embora presente entre os países com o maior número de fontes hídricas do mundo, o Brasil apresenta regiões que são penalizadas por sua escassez e má distribuição pluviométrica. Daí a necessidade em desvendar o comportamento da água no solo para, desse modo, melhor programar seu cultivo e manejo de sua irrigação. No Perímetro do Pontal Sul, Petrolina, PE, foram coletadas 122 amostras de solo com estrutura deformada nas profundidades de 0,2 m e 0,4 m. Estas foram utilizadas para determinação da curva de retenção. Em ambas as profundidades, sob tensão de 6 KPa, os solos apresentam uma faixa de umidade entre 6% e 34%, entre 3% e 11% sob a tenção de 1500kPa. A disponibilidade de água variou entre 4% e 15% para as camadas estudadas. Apesar das semelhanças dos valores, a distribuição ao longo da área foi característico para cada camada.

Termos para indexação: recursos hídricos, retenção de água, água disponível.

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, clovis.ramos@univasf.edu.br

² Embrapa Semiárido, luis.bassoi@embrapa.br

³ Universidade Estadual Paulista, czimback@gmail.com; linajua@hotmail.com

Abstract

Despite being one of the countries with a large number of water sources, Brazil has regions that are affected by water scarcity and poor rainfall distribution. Hence the need to clarify the water behavior in the soil, aiming its better cultivation programming and irrigation management. In Pontal Sul Perimeter, Petrolina-PE, 122 undisturbed soil samples were collected at 0.2 m and 0.4 m depths. That was determined their water retention curve. For both depths, under the tension of 6 KPa, the soils showed a moisture between 6% and 34%, and 3% to 11% under the tension of 1500 KPa. The availability of water varied between 4% and 15% in the studied layers. Despite the similarity values distributed over the area was characteristic for each layer.

Index terms: water resources, water retention, available water.

Introdução

Incluso entre os países com maior reserva de água doce, o Brasil apresenta, todavia, algumas regiões onde a água é um bem escasso, isto em virtude de suas dimensões geográficas e diversidade climática, o que reflete em sua evolução socioeconômica. Por isso há a emergência em uma eficiente gestão dos recursos hídricos.

O perímetro irrigado do Pontal Sul em Petrolina tem por meta inserir agricultores familiares em 25% da área irrigável. Em decorrência da escassez e da má distribuição de chuvas da região, faz-se necessário o estudo do comportamento da água no solo, objetivando uma melhor eficiência no uso da água de irrigação.

Considerando a particularidade presente em cada solo, também no tocante à disponibilidade de água, conhecer o poder de retenção e o volume disponível de água a cada camada, auxilia na tomada de decisão quanto ao manejo correto, o que permite uma evidente eficiência no uso da água de irrigação.

Dos parâmetros utilizados para tal estudo, a curva característica da umidade do solo tem destaque pela riqueza de informações dispensadas (CHILDS, 1940). A relação entre umidade do solo (θ) e o potencial matricial do solo (ψ_m) é de suma importância para configuração das propriedades hidráulicas desse solo (KLUTE, 1986). Fazendo uso dessa curva, é possível estimar uma irrigação precisa, fornecendo ao solo o necessário para o eficiente desenvolvimento das plantas, sem afetar sua plena evolução, tanto com o déficit quanto com o excesso de água no solo (OLIVEIRA; QUEIRÓZ, 1975). Desse modo, os objetivos deste trabalho foram mapear a umidade do solo sob diferentes níveis de tensão de água no solo e a disponibilidade de água para duas camadas de solo.

Material e métodos

O Perímetro do Pontal Sul está localizado na Bacia do Rio Pontal, em Petrolina - PE. Sua caracterização edafoclimática foi realizada por Ramos (2012). Foram coletadas 122 amostras de solo com estrutura deformada, nas camadas de 0,00 m - 0,20 m e de 0,20 m - 0,40 m, em 64 pontos, distribuídas no Perímetro Irrigado. Estas amostras foram utilizadas para obtenção da curva característica por meio da metodologia da centrifuga (RECKZIEGEL et al., 2007; SILVA; AZEVEDO, 2002). Foram determinadas as umidades do solo nas tensões de 6; 10; 33; 60; 100; 1500 kPa.

Resultados

O conhecimento da umidade do solo a diferentes tensões exerce forte influência sobre o manejo da irrigação, uma vez que permite estimar, de forma mais eficiente, as necessidades hídricas e a capacidade total de retenção de água no solo. Esses fatores são alterados com os contínuos tratamentos culturais do solo, o que modifica seus atributos físicos hídricos. Analisando os dados de estimativa de umidade do solo, verifica-se que, sob a tensão de 6 KPa, a umidade variou de 7% a 23% na camada de 0,0 m - 0,2 m e entre 6% e 34% na camada de 0,2 m - 0,4 m (Figura 1A). Já para a tensão de 1500 kPa, a umidade variou de 4,1% a 8,5% de 0 m - 0,2 m e 3,4% a 11,1% de 0,2 m - 0,4 m, conforme a Figura 1B.

Já a água total disponível, levando em consideração a diferença entre a umidade do solo sob a tensão de 6 kPa e a umidade do solo sob a tensão de 1500 kPa, variou entre 4% e 14% de umidade para camada de 0,00 m - 0,20 m e 4% e 15% para a camada de 0,20 m - 0,40 m. Apesar da semelhança nos valores de disponibilidade de água no solo para as duas camadas, sua distribuição ao longo do Perímetro de Irrigação é bastante diferente, como se verifica-se na Figura 1C.

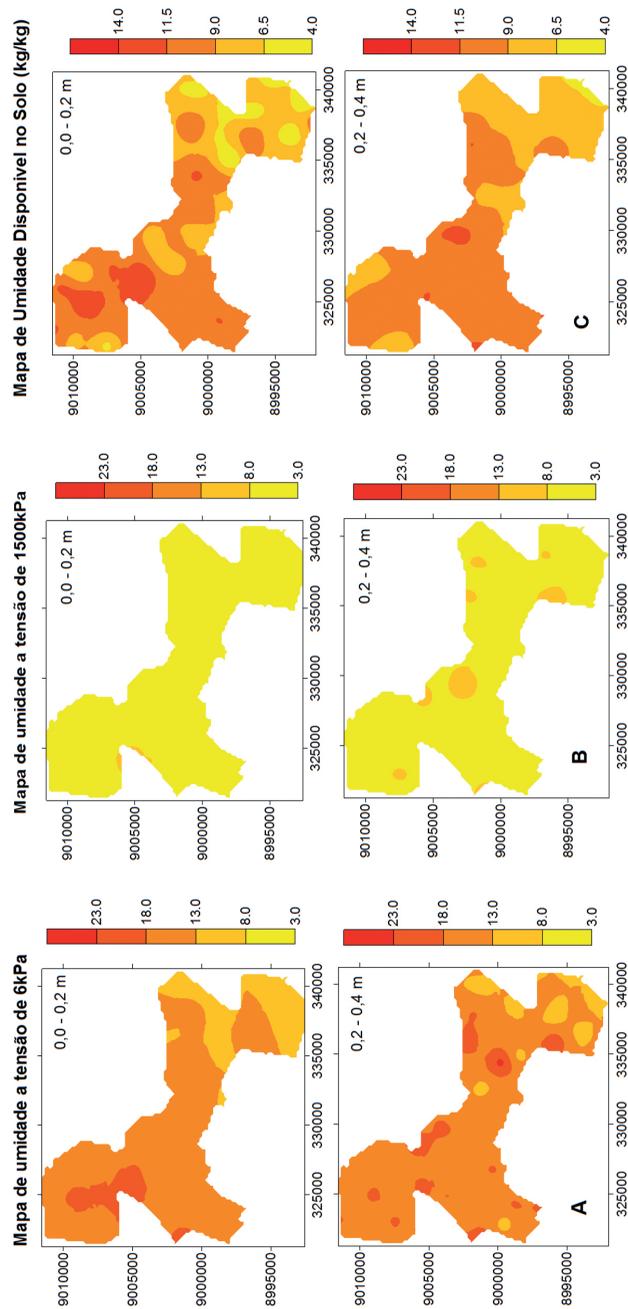


Figura 1. (AB) Umidade do solo nas tensões de 6,0 e 1500 kPa; (C) mapas de disponibilidade de água no solo.

Conclusão

Os resultados apresentados expõem variabilidade espacial da umidade do solo. O conhecimento da variação espacial da umidade do solo a diferentes tensões e a disponibilidade de água é uma importante ferramenta na gestão dos recursos hídricos no Perímetro Irrigado do Pontal.

Referências

CHILDS, E. C. The use of soil moisture characteristics in soil studies. **Soil Science**, Baltimore, v. 50, n. 4, p. 239-252, Oct. 1940.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. I. Physical and mineralogical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 635-662. (Soil Science Society of America book series, 5; Agronomy, 9, pt. 1).

OLIVEIRA, L. B. de; QUEIRÓZ, E. N. Curvas características de umidade de solos do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 11, p. 69-75, 1975.

RAMOS, C. M. C. **Variabilidade espacial e temporal de fatores edafoclimáticos na bacia do rio Pontal**. 2012. 82 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

RECKZIEGEL, N. L.; AQUINO, L. S.; TIMM, L. C.; BASSOI, L. H.; VAZ, C. M. P.; MANIERI, J. M.; TAVARES, V. E. Q. Parâmetros de ajuste da equação de Van Genuchten e sua variabilidade espacial em um Neossolo Quartzarênico em Petrolina – PE. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16.; ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO, 9., 2007, Pelotas. **Pesquisa e responsabilidade ambiental**. Pelotas: UFPEL, 2007. Disponível em: <http://www2.ufpel.edu.br/cic/2007/cd/pdf/CA/CA_02046.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.

SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1487-1494, out. 2002.

Variação espacial e temporal da evapotranspiração diária nas bacias dos rios Ji-Paraná e Urupá em Rondônia

Spatial and temporal variation in daily evapotranspiration in the Ji-Paraná and Urupá River basins, Rondônia

Daise Nunes Furlan¹; Maria Victoria Ramos Ballester¹; Ricardo Guimarães Andrade²; Daniel de Castro Victoria²

Resumo

Com a finalidade de avaliar o impacto do desmatamento na evapotranspiração diária nas bacias dos rios Ji-Paraná e Urupá em Rondônia, foi utilizado o algoritmo *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (Sebal). Tal algoritmo foi sensível às mudanças ocorridas no uso do solo nos últimos 25 anos na área de estudo e mostrou que as áreas onde a floresta foi substituída por agricultura e pastagens apresentaram redução de 33 % na evapotranspiração diária.

Termos para indexação: desmatamento, Sebal, ciclo hidrológico.

Abstract

With the aim of assessing the impact of deforestation in the daily evapotranspiration in Urupá and Ji-Paraná River Basins in Rondônia, the algorithm Sebal - Surface Energy Balance Algorithm for Land - was used. This algorithm was sensitive to changes in land use over the last 25 years in the study area and showed that the areas where the forest has been replaced by agriculture and pastures showed a reduction of 33% in daily evapotranspiration.

Index terms: deforestation, Sebal, hydrological cycle.

¹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Cena/USP, daisefurlan@gmail.com; vicky@cena.usp.br

² Embrapa Monitoramento por Satélite, {daniel.victoria;ricardo.andrade}@embrapa.br

Introdução

A evapotranspiração (ET) é um dos mais importantes fatores mediadores do clima e do tempo, tanto em escala global quanto local, consistindo na ligação entre energia, clima e hidrologia. Ela representa um processo de troca entre a superfície da terra e a atmosfera, onde a atmosfera provê água para a superfície pela precipitação, e a superfície devolve grande parte do volume precipitado para a atmosfera pela evapotranspiração (BRAUN et al., 2001). A evapotranspiração é fundamental para regular a disponibilidade hídrica, o nível de águas superficiais e subterrâneas, e também diversas atividades humanas, como a agricultura.

Material e métodos

A área de estudos corresponde à Bacia do Rio Urupá e uma parte da Bacia do Rio Ji-Paraná, localizadas na porção centro-leste do Estado de Rondônia. Essa é uma região que tem passado por significativa mudança no uso do solo nos últimos 30 anos. Para avaliar o impacto do uso do solo no ciclo hidrológico, foram utilizadas imagens de 1987 a 2011 dos satélites Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+ (imagens de 1999 e 2001) de órbita e ponto 231/68. Nas imagens selecionadas aplicou-se o Sebal para obtenção dos fluxos de energia e radiação (BASTIAANSEN et al., 1998). A classificação do uso do solo foi realizada por meio do método de classificação híbrida que consiste na combinação de métodos de classificação não supervisionada e supervisionada. Tal metodologia é descrita por Moreira (2005).

Resultados obtidos

A evapotranspiração média diária na área de estudo (Figura 1) variou de 0 mm dia⁻¹ a 7 mm dia⁻¹. Em todas as datas, a floresta foi a classe de uso do solo que apresentou os maiores valores de evapotranspiração (acima de 4 mm dia⁻¹), com exceção de 06/08/1999, onde o valor médio de ET foi próximo a 3 mm dia⁻¹.

As classes de uso do solo agropastoril e queimada apresentaram os menores valores de ET. Na área classificada como agropastoril, os valores de ET foram inferiores a 4 mm dia⁻¹, com exceção de 13/07/2005, quando o valor médio foi em torno de 4,5 mm dia⁻¹. Entre todas as datas analisadas para esta classe, o menor valor de ET, inferior a 1 mm dia⁻¹, foi observado em 15/08/2011. Essas áreas apresentam os maiores valores de fluxo de calor sensível, por isso a evapotranspiração tem os menores valores, em decorrência de boa parte da energia ser utilizada nos processos de aquecimento do ar.

Considerando a quantidade de água por área que o processo de evapotranspiração devolve para a atmosfera, a floresta devolve em média 4,5 mm dia⁻¹, en-

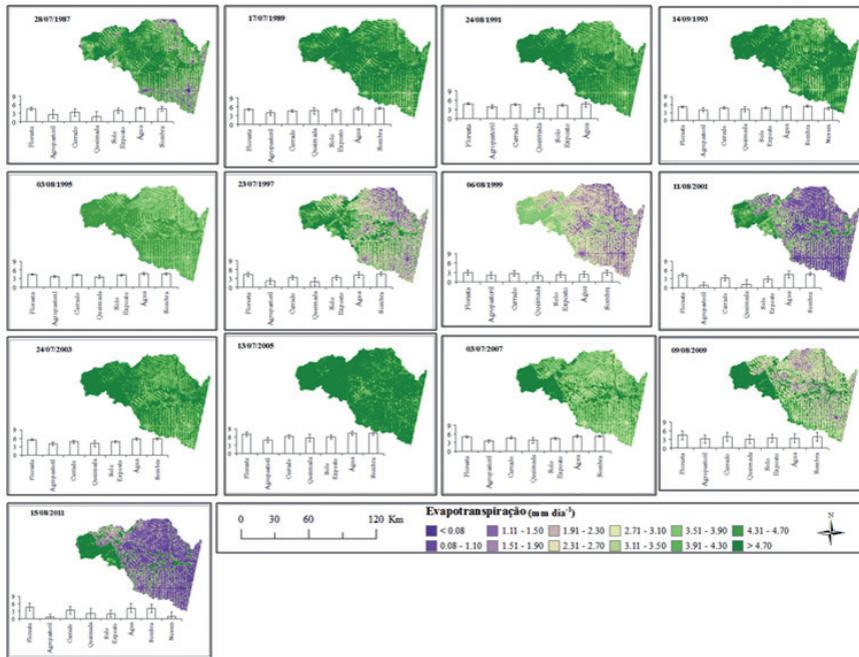


Figura 1. Evapotranspiração diária (mm dia^{-1}) na região central de Rondônia obtidas a partir da modelagem de imagens do satélite Landsat 5 - *Thematic Mapper* (TM) e do satélite Landsat 7 - *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) por meio do algoritmo Sebal (Surface Energy Balance Algorithm for Land).

quanto a área agropastoril devolve 3 mm dia^{-1} . Isso representa 33 % a menos de água que volta à atmosfera pelo processo de evapotranspiração na área agropastoril quando comparada com a área de floresta. Além da diferença nos valores de evapotranspiração, devem-se considerar as mudanças no tamanho das áreas ocupadas com floresta e agropastoril ao longo dos 25 anos de estudo. A floresta teve redução de 69,1 % de sua área em 2011 quando comparada a 1987. A classe agropastoril aumentou quase três vezes a sua área entre 1987 e 2011. Isso leva a impactos significativos no ciclo hidrológico, tendo em vista que 50 % da precipitação da região são decorrentes da recirculação de vapor d'água pela evapotranspiração (VILLA NOVA et al., 1976).

Considerações finais

As alterações nas características da cobertura do solo implicaram em alterações no processo evaporativo, tendo em vista que a substituição de áreas de floresta por agricultura e pastagem reduziu em 33 % a evapotranspiração na área de estudo.

Referências

- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (Sebal).1 formulation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 212-213, p. 198-212, Dec. 1998.
- BRAUN, P.; MAURER, B.; MÜLLER, G.; GROSS, P.; HEINEMANN, G.; SIMMER, C. An integrated approach for the determination of regional evapotranspiration using mesoscale modelling, remote sensing and boundary layer measurements. **Meteorology and Atmospheric Physics**, Wien, v. 76, n. 1-2, p. 83-105, Feb. 2001.
- VILLA NOVA, N. A.; SALATI, E.; MATSUI, E. Estimativa de evapotranspiração na Bacia Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 6, n. 2, p. 215-228, 1976.

Estimativa da evapotranspiração, biomassa e produtividade da água em municípios produtores de trigo, no Rio Grande do Sul

Estimating of evapotranspiration, biomass and water productivity in municipalities wheat producers, in Rio Grande do Sul

Janice Freitas Leivas¹;
 Antônio Heriberto de Castro Teixeira¹;
 Ricardo Guimarães Andrade¹;
 Daniel de Castro Victoria¹

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a estimativa dos parâmetros biofísicos (evapotranspiração (ET), biomassa (BIO) e produtividade da água (PA)) a partir de imagens de satélite em municípios com grandes áreas plantadas com trigo, como Cruz Alta e Tupanciretã, no Rio Grande do Sul (RS). A evapotranspiração foi obtida a partir da aplicação do modelo Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving (Safer) () utilizando imagens Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis) do período agrícola de 2012. Para obtenção da biomassa e produtividade da água foi aplicado o modelo de Monteith e a razão da BIO e ET, respectivamente. No início do ciclo observa-se valores baixos de ET, BIO e PA e, com o desenvolvimento da cultura, observa-se 4,2 mm dia⁻¹, 216 e 5,9 kg m⁻³, respectivamente.

Termos para indexação: produtividade da água, biomassa, evapotranspiração, trigo.

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, {janice.leivas;heriberto.teixeira;ricardo.andrade;daniel.victoria}@embrapa.br

Abstract

The purpose of this study was to analyze the estimation of biophysical parameters (evapotranspiration (ET), biomass (BIO) and water productivity (WP)) from satellite images in the municipalities with large areas planted with wheat, as Cruz Alta and Tupanciretã, in Rio Grande do Sul (RS). Evapotranspiration was obtained from the application of Safer Model (Simple Algorithm For Retrieving Evapotranspiration) using Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) in the agricultural year 2012. In order to obtain biomass and water productivity was applied the Monteith model and the reason for BIO and ET, respectively. In the beginning of the cycle is observed low values of ET, BIO and PA, and with crop development, they are 4.2 mm d⁻¹, 216 and 5.9 kg m⁻³, respectively.

Index terms: water production, biomass, evapotranspiration, wheat.

Introdução

O Rio Grande do Sul é grande produtor de trigo. A gramínea de inverno é altamente suscetível às oscilações de tempo e clima, caracterizando-se pela consorciação com as culturas de soja e de milho, cultivadas no verão. Por isso, as quantidades produzidas anualmente sofrem variações consideráveis e as regiões, maiores produtoras no Estado, são praticamente as mesmas e localizam-se principalmente na porção norte-noroeste do Rio Grande do Sul. Em 2011, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Produção Agrícola Municipal (IBGE/PAM) os municípios de Tupanciretã e Cruz Alta, no RS, apresentaram área plantada de trigo superior a 20.000 ha, rendimento superior a 3.000 kg.ha⁻¹.

Diante da variabilidade na produtividade da cultura, o objetivo deste estudo foi analisar as estimativas dos parâmetros biofísicos das lavouras de trigo para fins de monitoramento das condições de desenvolvimento e produtividade, a partir de imagens de satélite e dados meteorológicos.

Material e métodos

Para a aplicação do modelo Safer, foram utilizados dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e realizado o processamento das imagens Modis, produto MOD13Q1, referente à refletância das bandas 1 (α_1) e 2 (α_2) para intervalos de 16 dias no ano de 2012, do período agrícola da cultura de inverno trigo. Como área de estudo foram definidos os municípios de Tupanciretã e Cruz Alta, no Rio Grande do Sul, que segundo o IBGE/PAM possuem área plantada de trigo de 20.000 e 23.125 ha, respectivamente.

Para o cálculo do albedo da superfície (α_0) a seguinte equação foi aplicada:

$$\alpha_0 = b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (1)$$

onde **a**, **b** e **c** são coeficientes de regressão (TEIXEIRA et al., 2013).

T_0 foi estimada pelo resíduo no balanço de radiação diário (TEIXEIRA et al., 2013), em que a equação para a obtenção de R_n usada no período de 24 horas é descrita como:

$$R_n = (1 - \alpha_0)RS_{\downarrow} - a_i\tau_w \quad (2)$$

o coeficiente de regressão a_i foi distribuído espacialmente por meio da relação com a temperatura do ar (TEIXEIRA et al., 2013).

Com o modelo Safer, obteve-se a **ET**, a qual juntamente com a **BIO** permitiu as análises de produtividade da água (TEIXEIRA et al., 2013).

$$PA = \frac{BIO}{ET} \quad (3)$$

Resultados obtidos

Na Figura 1 é apresentada a distribuição espacial dos valores de ET, BIO e PA, para os dias julianos (DJ) 177 (26 de junho de 2012), 225 (13 de agosto de 2012) e 273 (30 de setembro de 2012). Essas imagens foram selecionadas para aplicação do modelo em três períodos distintos do ciclo do trigo como plantio e início de ciclo (DJ 177), período de maturação (DJ 225) e colheita (DJ 273), respectivamente.

Com o desenvolvimento das lavouras de trigo, pode-se observar a variabilidade dos parâmetros ao longo do ciclo. ET, BIO e PA apresentam valores maiores no meio do ciclo, período referente à maturação da cultura, consequentemente ocorrendo maior perda de água para a atmosfera na forma de evapotranspiração, maior produção de biomassa e maior produtividade da água, no dia juliano 225, referente ao período de maturação (Tabela 1).

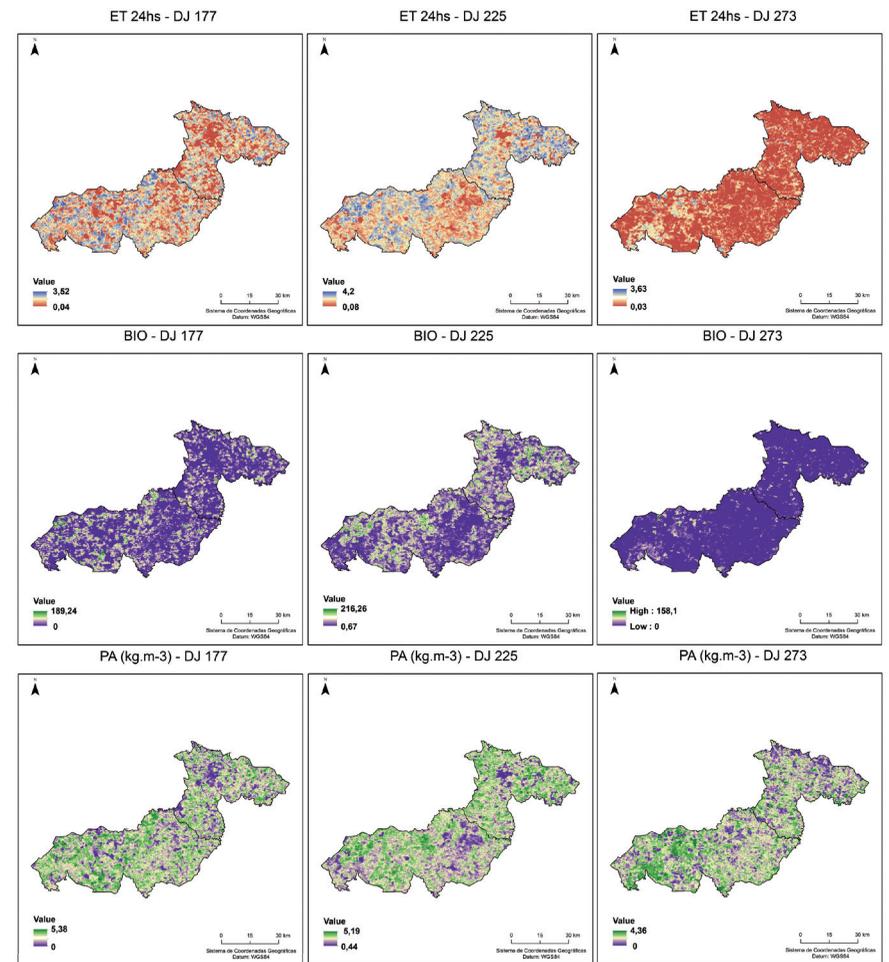


Figura 1. Distribuição espacial da evapotranspiração (ET) (a), biomassa (BIO) (b) e produtividade da água (PA) (c), dos dias julianos (DJ) 177, 225 e 273 nos municípios de Cruz Alta e Tupanciretã (RS).

Tabela 1. Valores mínimos, médios, máximos e desvio padrão dos parâmetros analisados nos períodos de plantio (DJ 177), maturação (DJ 225) e colheita (DJ 273).

Parâmetros	DJ	Min	Max	Média	Desv Pad
ET (mm dia ⁻¹)	177	0,04	3,52	1,99	0,61
	225	0,08	4,20	2,60	0,57
	273	0,03	3,63	1,28	0,63
BIO (kg m ⁻²)	177	0	189,24	72,36	34,55
	225	0,67	216,26	102,79	34,86
	273	0	158	32,72	23,44
PA (kg m ⁻³)	177	0	5,38	3,41	0,78
	225	0,44	5,19	3,83	0,57
	273	0	4,36	2,22	0,69

Conclusões

O modelo Safer mostrou-se eficaz nas estimativas dos parâmetros biofísicos evapotranspiração, produção de biomassa e produtividade da água em áreas plantadas com trigo no Rio Grande do Sul. A partir da validação dos resultados com dados de campo, a metodologia poderá ser utilizada para monitoramento das condições hídricas e produção de biomassa da cultura utilizando imagens de satélite, auxiliando nas estimativas de produtividade e rendimento da cultura.

Referências

TEIXEIRA, A. H. de C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F. Large-scale water productivity assessments with Modis images in a Changing Semi-Arid environment: a Brazilian case study. **Remote Sensing**, Basel, v. 5, n. 11, p. 5783-5804, Sept. 2013. Doi:10.3390/rs5115783.

Potencial de uso de métricas de paisagem para relacionar a dinâmica de uso da terra com a qualidade da água: estudo de caso na região serrana do Estado do Rio de Janeiro

Potencial use of landscape metrics to relate land use dynamic to water quality: case study at Região Serrana - Rio de Janeiro State

Ana Paula Dias Turetta¹; Rachel Bardy Prado¹

Resumo

A configuração de uma paisagem está relacionada à dinâmica do uso e cobertura da terra na qual ela se insere. Este fato afeta diretamente a sua estrutura e confere padrões espaciais aos fragmentos florestais, bem como aos usos predominantes da terra de uma determinada região. Essa configuração espacial reflete tanto nos processos naturais como a qualidade da água, quanto nos aspectos socioeconômicos associados. Por isso, faz-se necessário o entendimento dessa distribuição espacial; o que pode ser obtido a partir do cálculo de métricas de paisagem. No presente trabalho foram analisadas 16 métricas de paisagem em uma bacia de drenagem na região montanhosa do Rio de Janeiro, denominada Pito Aceso - afluente do Rio Grande, que por sua vez é afluente do Rio Paraíba do Sul. Posteriormente aos cálculos das métricas, foi realizada uma análise por componentes principais onde foi possível observar as métricas que se mostraram mais eficientes para evidenciar a estrutura da paisagem em análise. Como estudos da qualidade da água também foram realizados na bacia, a próxima etapa do trabalho será associar esses resultados aos resultados de qualidade da água, de forma a demonstrar a potencialidade do uso dessas análises para subsidiar o planejamento sustentável das paisagens bem como dos recursos hídricos.

Termos para indexação: estrutura da paisagem, métricas de paisagem, qualidade da água.

¹ Embrapa Solos, {ana.turetta;rachel.prado}@embrapa.br

Abstract

The landscape configuration is related to the land dynamics cover and use where it belongs. This fact directly affects its structure and provides spatial patterns of forest fragments as well as the predominant land uses in a given region. This spatial configuration reflects in natural processes, such as water quality, as well as in socio-economic aspects. Therefore, it is necessary to the understanding the spatial distribution, which can be obtained from the calculation of some landscape metrics. In the present study, 16 landscape metrics were analyzed in a watershed in the mountainous region of Rio de Janeiro state, called Pito Aceso. Pito Aceso is a tributary of the Rio Grande river, which is a tributary of the Paraíba do Sul river. A principal components analysis was applied to the collected measures, which made possible to filter the most efficient metrics to show the landscape structure. Quality water studies were also realized at the watershed, therefore the next stage of work are going to join these informations with the water quality studies in the watershed. This future work aims to demonstrate the potential use of these tests to support the planning of sustainable landscapes

Index terms: landscape structure, landscape metrics, water quality.

Introdução

Estudos em ecologia de paisagens desenvolvem-se sobre três características das paisagens (FORMAN; GODRON, 1986): Estrutura, que são as relações espaciais entre os diferentes elementos presentes na paisagem; Função, que é a interação entre esses elementos e Dinâmica, que são as alterações na estrutura e função do mosaico de paisagem ao longo do tempo.

As métricas de paisagem tem recebido considerável atenção desde o início dos anos 80, quando se iniciou o desenvolvimento de técnicas específicas e sua aplicação. Muitas das métricas de paisagem foram derivadas de teorias matemáticas tais como a teoria da percolação, geometria de fractais e teoria da informação, em um movimento semelhante ao que gerou o desenvolvimento dos índices de diversidade das espécies. Ritters et.al. (1995) mostraram que muitas métricas têm alta correlação uma com as outras. Os autores analisaram a independência estatística de 55 métricas e concluíram que a informação contida nessas métricas poderiam ser resumidas em 6 métricas.

O presente estudo objetivou avaliar a utilização das métricas de paisagem como indicadores do manejo agrícola e seu potencial de conservação da paisagem em uma bacia de drenagem na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Como há resultados de qualidade da água na mesma bacia em diferentes períodos, coincidentes com as datas de obtenção de imagens de satélite em alta resolução, a próxima etapa do trabalho será associar esses resultados aos resultados de qualidade da água, de forma a demonstrar a potencialidade do uso dessas análises para subsidiar o planejamento sus-

tentável das paisagens bem como dos recursos hídricos. Este estudo está previsto no plano de ação “Avaliação integrada dos impactos advindos do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos” do Projeto Componente “Monitoramento e caracterização quali-quantitativa dos recursos hídricos e sua relação com o uso da terra em bacias experimentais nos diferentes biomas brasileiros” do projeto “Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos: diagnose e propostas de adaptação e mitigação em bacias hidrográficas nos diferentes biomas brasileiros” em desenvolvimento pela Rede AgroHidro.

Material e método

A Bacia Hidrográfica do Pito Aceso onde desenvolve-se o presente estudo está localizado no Município de Bom Jardim, região serrana do Estado do Rio de Janeiro. É uma bacia com predomínio das atividades agrícolas, inserida na bacia de drenagem do Rio Paraíba do Sul. Possui aproximadamente 500 hectares, com altitudes variando de 650 m a 1.700 m, sendo o relevo movimentado, do tipo montanhoso. O clima é do tipo Mesotérmico, com temperaturas bem distribuídas ao longo do ano e precipitação média anual de 1.400 mm. Os principais tipos de solos encontrados são: Cambissolos, Argissolos e Latossolos.

Cálculo das métricas de paisagem

Para o cálculo das métricas de paisagem foi utilizado o programa Patch Analyst (REMPEL et al., 1999) que é uma extensão utilizada no ArcView Gis 9.3 (ESRI, Inc., REDLANDS, CA). As métricas foram calculadas a partir do mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Pito Aceso (PRADO et al., 2009) considerando as classes Mata em Estágio Avançado, Mata Inicial, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Cultivos Anuais e Cultivos Perenes por serem essas as classes mais representativas da dinâmica de uso da área. As métricas calculadas por categoria podem ser vistas em Turetta et al. (2013).

Detalhes sobre o cálculo das métricas e os significados ecológicos associados a elas podem ser encontrados em Gustafson (1998), Fu e Chen (2000) e Peng et.al. (2009).

Análises estatísticas

Para a realização da Análise de Componentes Principais (ACP) os dados foram padronizados para média 0 e variância 1 e a análise foi realizada na matriz de dados utilizando as 14 métricas de paisagem originais apresentadas na Tabela 1. Posteriormente, foi executada a matriz de correlações, aplicando a técnica de correlação linear de Pearson às 14 métricas inicialmente calculadas.

Tabela 1. Matriz de correlações entre as métricas estudadas.

	AWMSI	MSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	TE	ED	MPE	MPS	NUMP	MEDPS	PSCOV	PSSD	CA
AWMSI	1	0,583	0,422	0,431	-0,319	0,761	0,761	0,939	0,941	-0,262	-0,438	0,831	0,937	0,986
MSI	0,583	1	-0,391	-0,377	-0,912	0,608	0,608	0,713	0,492	-0,436	0,106	0,102	0,426	0,533
MPAR	0,422	-0,391	1	0,999	0,616	0,032	0,032	0,236	0,457	0,037	-0,832	0,740	0,508	0,427
MPFD	0,431	-0,377	0,999	1	0,607	0,049	0,049	0,239	0,456	0,047	-0,849	0,750	0,506	0,431
AWMPFD	-0,319	-0,912	0,616	0,607	1	-0,321	-0,321	-0,543	-0,307	0,568	-0,384	0,152	-0,233	-0,290
TE	0,761	0,608	0,032	0,049	-0,321	1	1,000	0,620	0,542	0,271	-0,169	0,563	0,542	0,731
ED	0,761	0,608	0,032	0,049	-0,321	1,000	1	0,620	0,542	0,271	-0,169	0,563	0,542	0,731
MPE	0,939	0,713	0,236	0,239	-0,543	0,620	0,620	1	0,961	-0,544	-0,223	0,636	0,936	0,944
MPS	0,941	0,492	0,457	0,456	-0,307	0,542	0,542	0,961	1	-0,489	-0,330	0,754	0,996	0,967
NUMP	-0,262	-0,436	0,037	0,047	0,568	0,271	0,271	-0,544	-0,489	1	-0,082	0,031	-0,437	-0,282
MEDPS	-0,438	0,106	-0,832	-0,849	-0,384	-0,169	-0,169	-0,223	-0,330	-0,082	1	-0,702	-0,352	-0,352
PSCOV	0,831	0,102	0,740	0,750	0,152	0,563	0,563	0,636	0,754	0,031	-0,702	1	0,786	0,807
PSSD	0,937	0,426	0,508	0,506	-0,233	0,542	0,542	0,936	0,996	-0,437	-0,352	0,786	1	0,969
CA	0,986	0,533	0,427	0,431	-0,290	0,731	0,731	0,944	0,967	-0,282	-0,352	0,807	0,969	1

Resultados obtidos

A matriz da paisagem, ou seja, aquela classe que apresenta a maior área é a classe de mata avançada. Essa classe também apresenta o maior valor da métrica MPS, relacionada ao tamanho médio dos fragmentos por classe. Os valores das métricas PSCoV e PSSD, relacionadas à variabilidade dos dados desse conjunto também são altos o que demonstra a existência de fragmentos de tamanhos bastante diferentes nessa classe. No entanto, o fato dessa classe apresentar o maior valor do perímetro médio dos fragmentos (TE) demonstra o predomínio de fragmentos grandes na classe mata avançada. A classe mata inicial foi a que apresentou o maior número de fragmentos (NumP). Esses fragmentos, apesar de no total apresentarem representatividade em área (CA), isoladamente não são fragmentos grandes (MPS). Comportamento semelhante foi apresentado pelas classes pasto limpo, pasto sujo, cultivos anuais, cultivos perenes e solo exposto, o que aponta para uma paisagem mais fragmentada em relação a estas classes. Com o aumento do número de fragmentos da classe mata inicial (NumP) ocorreu, conseqüentemente, um aumento da densidade do perímetro (ED) dos fragmentos nessa classe. Já os índices de diversidade (SDI e SEI), que são calculados apenas em nível de paisagem, indicam uma paisagem fragmentada, com distribuição frequente dos fragmentos.

Análise dos componentes principais

Os três primeiros componentes principais - fatores F1, F2 e F3, explicaram em conjunto 95,12% da variância dos dados, sendo o emprego destes três fatores suficiente para explicar a variabilidade das métricas obtidas neste trabalho.

Observa-se que o F1 explica a variância das métricas AWMSI, TE, ED, MPE, MPS, PSCoV, PSSD e CA, indicando valores positivos e elevados do F1 e, portanto, alta correlação entre estas métricas, resultados corroborados pela matriz de correlações.

Trabalhos futuros

Esse trabalho evidenciou o potencial de uso de algumas métricas de paisagem para evidenciar a sua estrutura, o que é um importante elemento para se pensar o planejamento sustentável das paisagens rurais. A próxima etapa será incorporar a esse trabalho análises relacionadas à qualidade da água da bacia, a fim de se atingir a realização da atividade no âmbito do MP1 AgroHidro e também para contribuir na construção de uma metodologia de monitoramento de paisagens rurais.

Referências

- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: J. Wiley, 1986. 619 p.
- FU, B.; CHEN, L. Agricultural landscape spatial pattern analysis in the semi-arid hill area of the Loess Plateau, China. **Journal of Arid Environments**, London, v. 44, n. 3, p. 291-303, Mar. 2000.
- GUSTAFSON, E. J. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? **Ecosystems**, New York, v. 1, n. 2, p. 143-156, mar./abr.1998.
- PENG, J.; WANG, Y.; ZHANG, Y.; WU, J.; LI, W.; LI, Y. Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 217-223, Mar. 2009.
- PRADO, R. B.; BARCELLOS, T. B. C.; REGO, L. F. G.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D. Utilização de imagens de alta resolução para o mapeamento do uso e cobertura do solo na microbacia do córrego Pito Aceso - Região de Mata Atlântica - RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009. Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**. 2 a 7 de agosto de 2009. Fortaleza: SBSC, 2009.
- REMPEL, R. S.; CARR, A.; ELKIE, P. **Patch analyst and patch analyst (grid) function reference**. Ontario: Ministry of Natural Resources, 1999.
- RITTERS, K. H.; O'NEILL, R. V.; HUNSAKER, C. T.; WICKHAM, J. D.; YANKEE, D. H.; TIMMINS, S. P.; JONES, K. B.; JACKSON, B. L. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 1, p. 23-39,1995.
- TURETTA, A. P. D.; PRADO, R. B.; VALLADARES, G. S. Evaluating the potential of landscape metrics in supporting landscape planning in atlantic forest: Rio de Janeiro, Brazil. **International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems**, v. 4, n. 1, p. 55-68, Jan./Mar. 2013.

Índice de Qualidade da Unidade Hidrográfica (IQH)

Watershed quality index

Julio Cesar Pascale Palhares*¹; Ricardo de Oliveira Figueiredo²;
Rachel Bardy Prado³; Marcus Aurélio Soares Cruz⁴;
Ana Paula Dias Turetta³; Azeneth Eufrausino Schuler³;
Carlos Roberto Padovani⁵; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo³;
Elenice Fritzsons⁶; Lucilia Maria Parron Vargas⁶;
João Herbert Moreira Viana⁷; Lineu Neiva Rodrigues⁸;
Luciano José de Oliveira Accioly³; Raimundo Cosme de Oliveira Junior⁹;
Juliana Feitosa Felizzola⁹; Ciro Augusto de Souza Magalhães¹⁰

Resumo

O objetivo deste trabalho é propor e descrever um índice de qualidade para unidades hidrográficas de perfil agrícola. O índice será composto de indicadores nas dimensões hidrológica, agropecuária, ambiental e socioeconômica. O Índice de Qualidade da Unidade Hidrográfica (IQH) foi definido como: métrica que visa mensurar o estado qualiquantitativo dos recursos hídricos e do seu ambiente terrestre associado, relacionando-os com as atividades agrícolas e com os aspectos socioeconômicos e eco-hidrológicos. A utilização do IQH possibilitará a tomada de decisão de forma mais assertiva pelos diversos atores. Termos para indexação: agricultura, indicadores, recursos naturais, pecuária.

¹ Embrapa Pecuária Sudeste, julio.palhares@embrapa.br

² Embrapa Meio Ambiente, ricardo.figueiredo@embrapa.br

³ Embrapa Solos, {rachel.prado;ana.turetta;azeneth.schuler;elaine.fidalgo; luciano.accioly}@embrapa.br; marysolschuler@gmail.com

⁴ Embrapa Tabuleiros Costeiros, marcus.cruz@embrapa.br

⁵ Embrapa Pantanal, carlos.padovani@embrapa.br

⁶ Embrapa Florestas, elenfrt@yahoo.com.br; lucilia.parron@gmail.com

⁷ Embrapa Milho e Sorgo, joao.herbert@embrapa.br

⁸ Embrapa Cerrados, lineu.rodrigues@embrapa.br

⁹ Embrapa Amazônia Oriental, {juliana.felizzola;raimundo.oliveira-junior}@embrapa.br

¹⁰ Embrapa Agrossilvipastoril, ciro.magalhaes@embrapa.br

Abstract

The objective of this work is propose and describe a quality index for watersheds with agricultural profile. The Index is composed for indicators in hydrologic, agricultural, environmental, and socioeconomic dimensions. The Watershed Quality Index (WQI) was defined as: metric which measures the qualitative and quantitative status of water resources and the associated terrestrial environment, linking them with agricultural activities and the socioeconomic and ecohydrologic aspects. The WQI will enable decisions in a more assertive manner by stakeholders.

Index terms: agriculture, indicators, natural resources, livestock.

Introdução

A avaliação quali-quantitativa de uma unidade hidrográfica e o conhecimento das relações e fluxos entre esta e as atividades antrópicas que ocorrem no território são fundamentais para o delineamento de ações, programas e políticas que visem à gestão dos recursos hídricos.

Devido à complexidade das condições, relações e fluxos o uso de indicadores e índices têm se mostrado uma estratégia válida para demonstrar essa complexidade, facilitar a tomada de decisão e a comunicação entre os atores sociais.

As funções de um indicador são: simplificar, quantificar e comunicar de forma fácil (BELANGER et al., 2012). Um índice é formado por um conjunto de indicadores.

A proposição de um índice voltado para unidades hidrográficas de perfil agrícola é inovadora e de grande impacto social no caso brasileiro, por ter o país como um de seus pilares econômicos nas atividades agrícolas, sendo essas muito contestadas quanto aos impactos ambientais negativos que podem causar.

O objetivo deste trabalho é propor e descrever um índice de qualidade para unidades hidrográficas de perfil agrícola.

Material e métodos

O sistema de análise é a unidade hidrográfica de perfil agrícola a qual tem como limites físicos os divisores de água. O espaço delimitado pela unidade hidrográfica será utilizado como o sistema ambiental de análise do estado, das pressões exercidas e das respostas. A escala da unidade hidrográfica refere-se ao tamanho da área de estudo.

Como um sistema, a unidade hidrográfica é constituída de subsistemas, que também são constituídos por seus sistemas internos. Cada um dos subsiste-

mas apresentam aspectos vitais para o desenvolvimento do sistema como um todo. Neste contexto, aspecto é um estoque ou capital (humano, técnico ou natural) que deve ser conservado, a fim de contribuir para o desenvolvimento do sistema total.

O índice não pretende avaliar o real estado dos recursos hídricos e do ambiente terrestre associado, mas a susceptibilidade ou potencial de degradação quali-quantitativa frente às atividades agrícolas. Para tal, o índice será composto de indicadores nas dimensões hidrológica, agropecuária, ambiental e socioeconômica.

A definição do Índice, bem como de suas características descritivas se deu de forma virtual, por meio de correio eletrônico, a especialistas nas áreas de recursos hídricos e sistemas agropecuários.

Resultados

O IQH foi definido como: métrica que visa mensurar o estado quali-quantitativo dos recursos hídricos e do seu ambiente terrestre associado, relacionando-os com as atividades agrícolas e com os aspectos socioeconômicos e eco-hidrológicos.

Os objetivos do IQH são:

- Avaliar, monitorar e planejar o uso da terra pelas atividades agrícolas e suas relações com os aspectos socioeconômicos e eco-hidrológicos;
- identificar na unidade hidrográfica a(s) sub-bacia (s) que possuem a maior pressão ambiental;
- comparar unidades hidrográficas com características semelhantes;
- fornecer informações e estabelecer linhas de base para indicadores hidrológicos, ambientais, agropecuários e socioeconômicos;
- fomentar a multiplicação de práticas, ações e programas comprovados eficientes e eficazes pelo acompanhamento dos indicadores propostos;
- disponibilizar informações relacionando as atividades agrícolas e a unidade hidrográfica a fim de subsidiar a tomada de decisão pelos atores;
- facilitar a troca de informações entre agentes responsáveis pela gestão de unidades hidrográficas de perfil agropecuário.

Os potenciais usuários do IQH serão: agentes de extensão rural e de pesquisa, órgãos ambientais, organizações não governamentais, comitês de bacia hidrográfica e gestores.

Considerações finais

Disponibilizar, à sociedade, instrumentos que possibilitam a melhor gestão dos recursos naturais e uma relação ambiental mais amigável com as ativida-

des antrópicas é função das ciências ambientais. Esses instrumentos não só promoverão a melhora ou conservação da qualidade ambiental, como também a manutenção dos benefícios econômicos e sociais.

A proposição de um índice de qualidade hidrográfica voltado às atividades agrícolas e a validação deste nos vários biomas brasileiros e em vários perfis produtivos é uma ação inovadora e de extrema relevância para a ciência e para a sociedade.

Referências

BÉLANGER, V.; VANASSE, A.; PARENT, D.; ALLARD, G.; PELLERIN, D. Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 421-430, Dec. 2012.

Capacidade de armazenamento de água de pequenas barragens na bacia experimental do Rio Buriti Vermelho

Small reservoirs storage capacity in the Buriti Vermelho experimental watershed

Lineu Neiva Rodrigues¹

Resumo

Cinco pequenas barragens, dispostas em cascata, compõe a estrutura hidráulica da bacia experimental do Rio Buriti Vermelho. A falta de informações técnicas sobre essas barragens e seus impactos no comportamento hidrológico têm dificultado o processo de tomada de decisão no que diz respeito ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos nesta bacia. O objetivo deste trabalho foi calcular a capacidade de armazenamento de água dessas barragens. Para isso foram realizadas batimetrias em todas as barragens. Os resultados indicaram que as capacidades de armazenamento das barragens variaram de 9.959,9 m³ a 985,2 m³.

Termos para indexação: recursos hídricos, reservatórios de água, mapas batimétricos.

Abstract

Five small reservoirs, arranged in cascade, form the hydraulic structure of the Buriti Vermelho experimental watershed. But efficient water management and sound planning in the basin are hindered by the lack of information about those infrastructures. The objective of this paper was to calculate small reservoirs storage capacities. For this, bathymetrical surveys were carried out in all five dams. The results showed that storage capacity varied from 9.959,9 m³ a 985,2 m³.

Index terms: water resources, small reservoirs, bathymetric maps.

¹ Embrapa Cerrados, lineu.rodrigues@embrapa.br

Introdução

Barragens ou reservatórios de água são infraestruturas adequadas para situações hidrológicas como a observada na Bacia do Rio Buriti Vermelho, onde a oferta hídrica durante a estação chuvosa é maior que a demanda. Observam-se cinco barragens dispostas em cascata na calha do Rio Buriti Vermelho. Essas pequenas barragens foram construídas de forma independente e em épocas diferentes, não se considerando que uma barragem faz parte de um sistema hidrológico maior e que está hidrológicamente interligada com a outra. Somado a isso, tem-se o fato de que a falta de informações técnicas sobre essas barragens e o impacto que elas causam na bacia como um todo têm dificultado o processo de tomada de decisão no que diz respeito ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos nesta bacia. O estudo da geometria, a estimativa da capacidade de armazenamento e o estabelecimento de relações área-volume e cota-volume dessas barragens são fundamentais para o adequado entendimento da sua influência no comportamento hidrológico da bacia e na melhoria do processo de gestão. Visando fornecer subsídios técnicos para o adequado planejamento e gestão dos recursos hídricos dessa bacia é que se desenvolveu o presente trabalho, cujo objetivo foi de calcular a capacidade máxima de armazenamento de água de pequenas barragens do Rio Buriti Vermelho.

Material e método

- **Área de estudo e pequenas barragens:** A Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho está localizada na parte leste do Distrito Federal, sendo o Rio Buriti Vermelho o seu curso d'água principal. A situação socioeconômica da população que vive na bacia é bastante contrastante, sendo constituída por pequenos produtores rurais, com área da propriedade variando de 1 a 4 hectares, e por grandes produtores, com áreas de até 200 hectares. Para facilidade de compreensão, daqui por diante, as barragens do Rio Buriti Vermelho serão denominadas da seguinte forma: a mais próxima da nascente será denominada de primeira barragem, ou simplesmente barragem 1, a barragem seguinte de segunda barragem, ou barragem 2, e assim sucessivamente até a quinta barragem ou barragem 5. Destaca-se também que neste trabalho o termo barragem ou reservatório de água têm o mesmo significado.
- **Delimitação do contorno do espelho d'água da barragem:** Para delimitar o contorno do espelho d'água das barragens, ou seja, definir o seu perímetro e a sua forma, caminhou-se, de posse de um receptor - *Global Positioning System* (GPS) portátil, do contorno do espelho de água de cada barragem.

- **Batimetria:** Para realização da batimetria foram utilizados um batímetro de mão, um receptor GPS portátil, material para anotação das profundidades e coordenadas do local da medida e um barco.
- **Capacidade de armazenamento de água:** Utilizando-se o método krigagem, os valores de profundidade foram interpolados e uma grade de pontos com espaçamento de 1 m gerada. O contorno do espelho d'água da barragem foi a região utilizada para controle da interpolação. Com o procedimento de krigagem, entretanto, a interpolação é extrapolada para fora da região de controle, sendo necessário, posteriormente, fazer a correção deste problema. Mapas com linhas de contorno da profundidade e um modelo em três dimensões para cada barragem foram gerados (RODRIGUES et al., 2012). Feito isto, a capacidade de armazenamento de água para cada barragem foi calculada utilizando-se a opção Volume do software Surfer™.

Resultados

Na Figura 1, apresentam-se os modelos em três dimensões referentes às cinco barragens estudadas, com os respectivos valores de capacidade máxima de armazenamento de água (CA). A confecção e análise do modelo em 3D da barragem foi uma etapa importante, uma vez que possibilitou verificar de imediato problemas na batimetria e/ou necessidade de coleta de pontos adicionais para cálculo do volume. A Figura 1a refere-se à barragem 1, a Figura 1b à barragem 2 e assim sucessivamente. Observa-se que o número de amostragens de profundidade variou entre barragens. Por exemplo, na 1 foram realizadas 91 medidas de profundidade, enquanto que na 2 foram 55. A barragem 1 foi a que apresentou a maior capacidade de armazenamento e a 4 a menor.

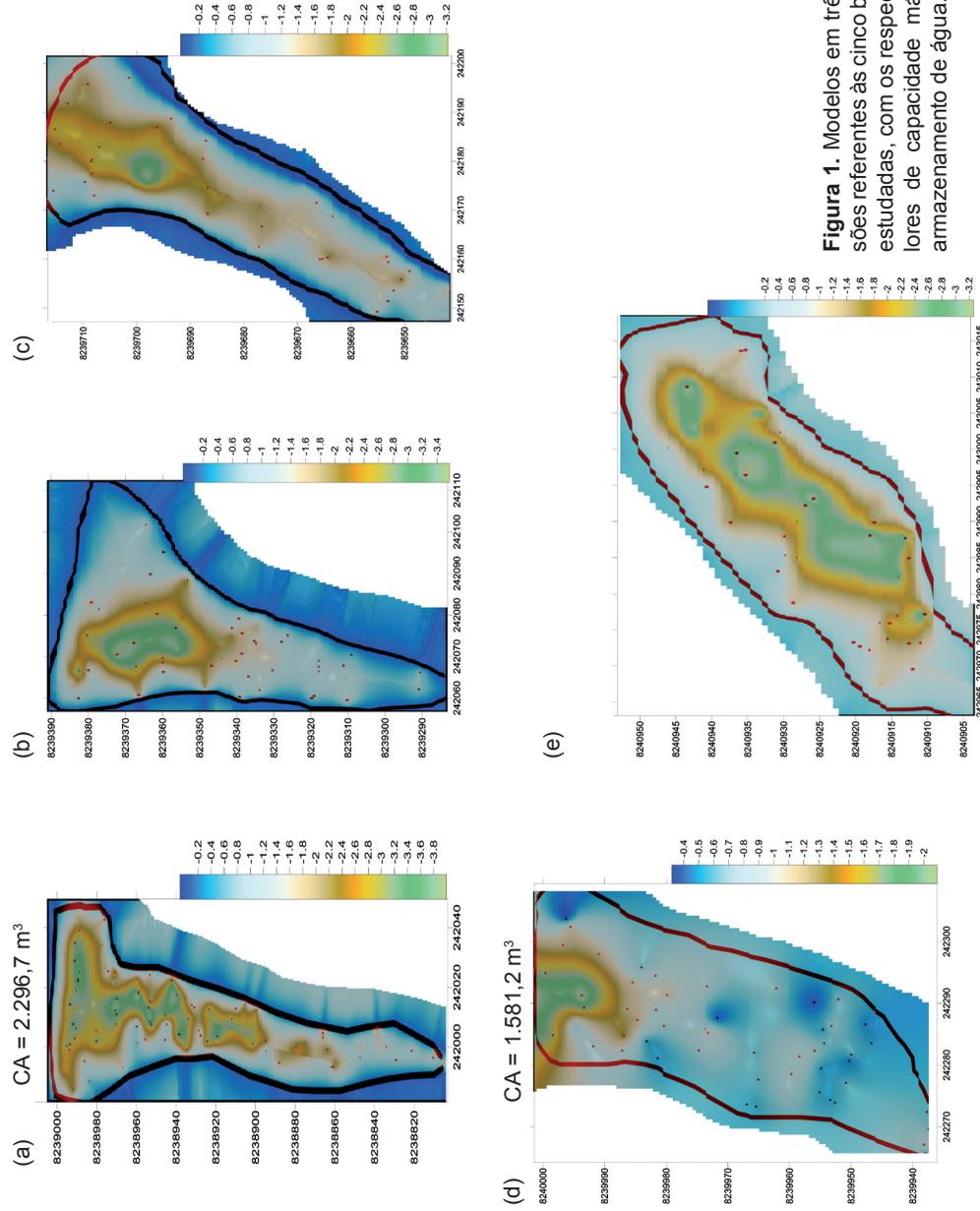


Figura 1. Modelos em três dimensões referentes às cinco barragens estudadas, com os respectivos valores de capacidade máxima de armazenamento de água.

Conclusão

A capacidade máxima de armazenamento de água, em m³, das pequenas barragens da Bacia Experimental do Buriti Vermelho é de: Barragem 1 = 9.959,9; Barragem 2 = 3.178,5; Barragem 3 = 3.178,5; Barragem 4 = 985,2; Barragem 5 = 1.581,2.

Referências

RODRIGUES, L. N.; SANO, E. E.; STEENHUIS, T. S.; PASSO, D. P. Estimation of small reservoir storage capacities with remote sensing in the Brazilian Savannah Region. *Water Resources Management*, Cruz das Almas, v. 26, p. 873-882, Nov. 2012.

Sistema de indicadores para a avaliação da sustentabilidade hídrica da atividade canavieira

Indicators system for sugarcane water sustainability assessment

Rodrigo Peçanga Demonte Ferraz¹;
Margareth Gonçalves Simões^{1,2}; Vincent Dubreuil³

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (BHRV) para demonstrar a aplicabilidade do Sistema de Indicadores - SISHidro-Cana - para a avaliação da sustentabilidade hídrica da cultura canavieira, proposta por Ferraz (2012), como uma metodologia para avaliar a disponibilidade de água de bacias hidrográficas para subsidiar a proposição de políticas setoriais, ordenação territorial, planejamento agrícola e gestão dos recursos hídricos.

Termos para indexação: indicadores de sustentabilidade hídrica, disponibilidade hídrica, cana-de-açúcar.

Abstract

The aim of this work is to present a study case conducted in Rio Verde Basin (BHRV) to demonstrate the applicability of the Indicators System for Sugarcane Water Sustainability Assessment - SISHidro-Cana, proposed by Ferraz (2012), as a methodology to assess the watershed water availability to subsidize sectorial policies proposition, territorial ordering, agricultural planning and management of water resources.

Index terms: water sustainability indicators, water availability, sugarcane.

¹ Embrapa Solos, rodrigo.demonte@embrapa.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, margareth.simoese@embrapa.br

³ Université Rennes 2, Rennes, França, vincent.dubreuil@uhb.fr

Introdução

Dados do Projeto de Monitoramento da Cana-de-Açúcar por Imagem de Satélite (Canasat - INPE) tem evidenciado a expansão da atividade canavieira na região centro-sul do país, notadamente, no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (MANZATTO et al., 2009) indica que a região Centro-Oeste possui grande potencial de expansão devido à disponibilidade de áreas com aptidão pedológica e topografia favoráveis. Entretanto, em grande parte desta região, área de domínio do bioma Cerrado, a disponibilidade hídrica e características climáticas apresentam restrições para a condução da cultura da cana-de-açúcar em sistema de sequeiro. Pois, em função da concentração da precipitação e da redução acentuada dos índices pluviométricos no inverno, a região apresenta uma estação seca marcada pela estiagem com forte *déficit* hídrico. Para a obtenção de colheitas satisfatórias e para a expansão sustentável do cultivo da cana-de-açúcar, em grande parte da região do Cerrado brasileiro, haverá a necessidade de irrigação suplementar ou plena (SILVA et al., 2008). Assim, considerando a expansão da atividade canavieira sobre áreas do Cerrado Brasileiro, a demanda hídrica potencial e as limitações da oferta hídrica pluvial, o risco de sobre-exploração dos recursos hídricos e o acirramento dos conflitos pelo uso da água na referida região se tornam iminentes. O Sistema de Indicadores SISHidro-Cana foi elaborado para realizar avaliações analíticas, diagnósticas e prognósticas e sínteses descritivas, por intermédio de um conjunto de indicadores diretos, relevantes, agregados na forma de índices adimensionais, mas com significado físico, derivados de dados secundários públicos e/ou dados extraídos de modelos espacializados simples.

Metodologia

A metodologia referente à: a) proposição e elaboração do Sistema de Indicadores; b) à elaboração dos modelos utilizados para a extração de dados para o cálculo dos indicadores aplicados no estudo de caso; c) a base teórica e as justificativas para a proposição dos indicadores propostos, encontram-se descritas, de modo completo, em Ferraz (2012).

Resultados e discussão

Os indicadores: Índice de Disponibilidade Hídrica Alocável (IDHA), Índice de Capacidade de Reserva Hídrica (ICRH) e o Índice de Disponibilidade Hídrica Explotável (IDHE), analisam, de modo compartimentado, a situação de disponibilidade hídrica geral da bacia a partir do saldo relativo do balanço entre a oferta hídrica de cada compartimento e a demanda já instalada, relativa ao somatório do uso consuntivo da água na bacia. A Figura 1 apresenta os gráfi-

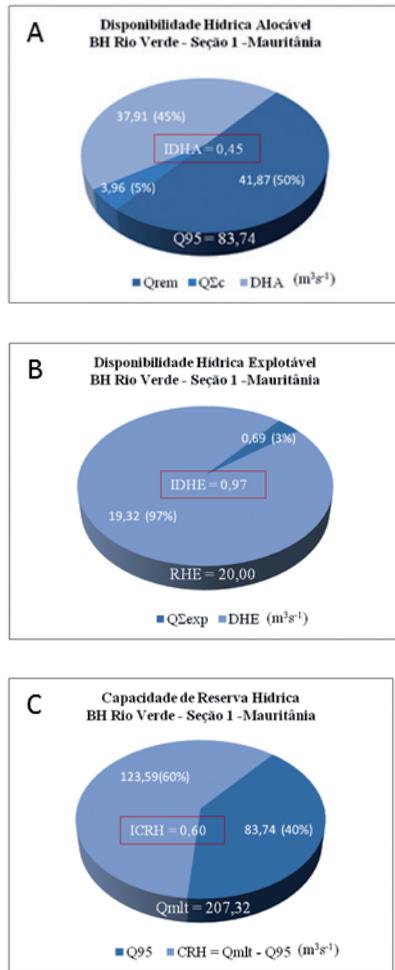


Figura 1. Disponibilidade hídrica alocável (A), explotável (B) e a capacidade de reserva hídrica (acumulável) (C) indicadores: IDHA, IDHE, ICRH, respectivamente. Fonte: Ferraz (2012).

Legenda: (i) Qrem - Vazão remanescente (corresponde à vazão de deve ser deixada no rio para a manutenção de um nível mínimo); (ii) QΣc - Somatório das vazões totais consumidas; (iii) DHA - Disponibilidade hídrica alocável; (iv) Q95 - Vazão com 95% de permanência (corresponde à oferta hídrica alocável total). (v) CRH - Capacidade de reserva hídrica; (vi) Qmlt - Vazão média de longo termo. (vii) QΣexp - Somatório das vazões totais explotadas; (viii) DHE - Disponibilidade hídrica explotável; (ix) RHE - Vazão da reserva hídrica explotável. Rótulos (Indicadores): (i) IDHA - Índice de Disponibilidade Hídrica Alocável; (ii) ICRH - Índice de Capacidade de Reserva Hídrica; (iii) IDHE - Índice de Disponibilidade Hídrica Explotável. Nota: A seção 1 equivale à área a montante da Estação Fluviométrica Mauritânia.

cos A, B e C com os Índices IDHA, ICRH e IDHE, assim como, as grandezas físicas que os definem.

O índice IDHA revela que, descontados os volumes alocados para o uso já instalado e as vazões remanescentes, a disponibilidade hídrica alocável atual é de 45% (IDHA=0,45) da oferta hídrica total na seção em análise. Em relação ao potencial da bacia em produzir, nas estações de cheia, volumes excedentes de água que determinam a capacidade de reserva ou regularização hídrica, o Índice ICRH (0,60) revela um grande potencial. A disponibilidade hídrica referente às reservas subterrâneas renováveis (explotável) apresenta uma enorme margem percentual disponível para os diversos tipos de uso de água consuntivo, como a irrigação de culturas agrícolas (IDHE= 0,97) revelando que o percentual explotado até a data estudada na bacia está em torno de

3%. A BHRV não possui favorabilidade climática para o cultivo da cana-de-açúcar em sistema de sequeiro (IAFCs = 0,0), no entanto, apresenta 75% da área favorável para o cultivo da cana-de-açúcar em regime de irrigação compulsória (IAFCi = 0,75). Assim, do total de 1.278,98 mil ha, 961,55 mil ha são favoráveis à cultura canavieira em sistema de irrigação e 317,43 mil ha são inapropriados devido a solos inadequados e/ou declividades excessivas. Os índices ICDH e IADH indicam o nível de comprometimento da disponibilidade hídrica e o grau de atendimento à demanda potencial exigida pela atividade sucroalcooleira (Figura 2). Analisando o quanto da disponibilidade hídrica alocável seria necessário comprometer para atender os volumes de água requeridos para a irrigação e o processamento da produção, nota-se que o volume total de água disponível por alocação direta do canal fluvial atenderia apenas à metade da área capaz de ser cultivada, considerando a aptidão edafoclimática (IADHa= 0,50; ICDHa=1,0). A situação em relação aos volumes hídricos disponíveis por exploração direta dos aquíferos livres ou freáticos, que constituem a reserva hídrica subterrânea reguladora da bacia é similar à anterior, visto que, a demanda projetada supera a oferta hídrica líquida após o devido desconto das explorações já efetivadas.

O comprometimento dos volumes hídricos referentes à reserva explotável é total (ICDHe=1,0) para atender um pouco mais da metade da área potencial para o cultivo da cultura da cana (IADHe= 0,53). A situação da disponibilidade hídrica, quando se considera a possibilidade de reserva hídrica por acumulação prévia, revela uma condição bem mais favorável, com pleno atendimento da demanda hídrica requerida para sustentar a atividade canavieira em irrigação suplementar na bacia em apreço (IADHr=1,0), com um grau de comprometimento da disponibilidade ligeiramente acima de 60%, para a bacia do Rio Verde (ICDHR=0,61).

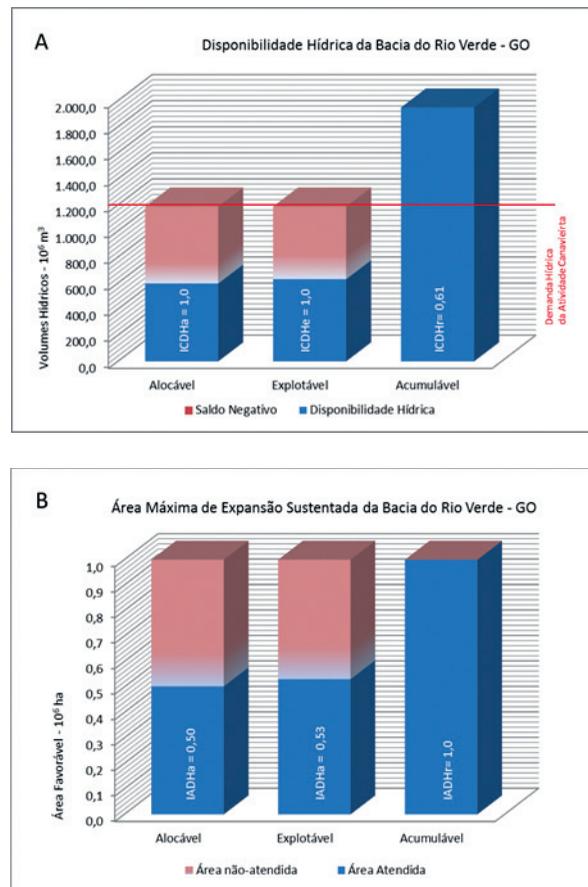


Figura 2. (A); Disponibilidade hídrica, alocável, explotável e acumulável e indicadores ICDH; (B); Área máxima de expansão sustentada e indicadores IADH da Bacia do Rio Verde.

Fonte: Ferraz (2012).

Legenda: Gráfico A: (i) Disponibilidade hídrica alocável, explotável, acumulável; (ii) Saldo negativo: corresponde o volume hídrico que falta para atender a demanda; Gráfico B: (i) Área não-atendida (Gráfico B) corresponde à área favorável para ser cultivada sem disponibilidade hídrica para irrigar; (ii) Área máxima de expansão sustentada: corresponde à área máxima que pode ser cultivada com disponibilidade hídrica para irrigar. Rótulos: Indicadores gráfico A: (i) Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica: alocável (ICDHa), explotável (ICDHe), acumulável (ICDHe) (ii) Indicadores gráfico B: Índice de Atendimento da Demanda Hídrica da Atividade Canieira: alocável (IADHa), explotável (IADHe), acumulável (IADHe).

Conclusão e considerações finais

Os resultados mostraram a pertinência do Sistema de Indicadores SISHidro-Cana no tocante à avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas na escala e nível de gestão explicitados.

Agradecimentos

Às instituições que propiciaram os meios e os recursos para a realização do presente trabalho: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) - Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPG-MA) e Universidade Rennes 2, (Laboratório COSTEL) França; Embrapa; e CNPq.

Referências

- FERRAZ, R. P. D. **Sistema de indicadores para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica e monitoramento da cultura da cana-de-açúcar**: contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canieira. 2012. 496 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente)- Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. (Org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p. (Embrapa Solos. Documentos, 110). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2010/14408/1/ZonCana.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2014.
- SILVA, F. A. M. da; MÜLLER A. G.; LIMA J. E. F. W.; SILVA E. M. da; MARIN F.; LOPES, T. S. de S. Avaliação da oferta e demanda hídrica para o cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

Avaliação preliminar da qualidade da água em função do manejo agropecuário e cobertura vegetal na Microbacia Batatal - Cachoeiras de Macacu, RJ

Preliminary assessment of water quality as a function of agriculture and vegetation cover in Batatal Watershed - Cachoeiras de Macacu, RJ

Rachel Bardy Prado¹; Santiago Penedo-Julien²;
Azeneth Eufrausino Schuler¹; Annika Künne²;
Vanessa Eliana Rodríguez Osuna³;
Marllus Henrique Ribeiro de Paiva⁴; Lars Ribbe⁵

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar, de forma preliminar, o componente qualitativo da água em função do manejo agropecuário e da cobertura vegetal na microbacia Batatal (Município de Cachoeiras de Macacu, RJ), de forma a fornecer suporte ao planejamento dos recursos hídricos no meio rural. Esta região está inserida na porção leste da Baía de Guanabara, sendo responsável pelo abastecimento de água para mais de 2 milhões de pessoas, fazendo parte do Mosaico Central Fluminense de unidades de conservação e fragmentos de Mata Atlântica. Os dados de qualidade da água foram obtidos por meio de monitoramento bimensal de agosto de 2010 a outubro de 2011 em 3 pontos dispostos na porção mais elevada (BN), intermediária (BM) e exutório (BB) da microbacia. Os parâmetros avaliados foram: condutividade,

pH, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, cálcio, potássio, nitrogênio e fósforo total. As informações sobre o uso da terra e manejo agropecuário foram obtidas a partir de entrevistas realizadas com 32 produtores rurais da microbacia em 2011. Observou-se que a qualidade da água ao longo do Rio Batatal tende a piorar em função do lançamento de esgotos sanitários, mas também pelos resíduos provindos da agricultura, uma vez que a utilização de insumos agrícolas é mais intensa na parte baixa onde predominam culturas anuais e onde o percentual de cobertura florestal é menor.

Termos para indexação: práticas agropecuárias, cobertura da terra, planejamento de microbacias, qualidade da água.

Abstract

The present study aimed to preliminarily evaluate water quality impacts due to the agricultural management and vegetation cover in the Batatal watershed (Cachoeiras de Macacu municipality) in order to provide support to the planning of water resources in rural areas. This region lies within the eastern portion of the Guanabara Bay and it is responsible for supplying water to more than 2 million people. It is part of the Central Fluminense Mosaic of protected areas and fragments of Atlantic Forest. The water quality data were obtained from bimonthly monitoring from August 2010 to October 2011 at 3 sampling points arranged in the uppermost portion (BN), intermediate (BM) and catchment output (BB). The parameters evaluated were: conductivity, pH, dissolved oxygen, turbidity, total solids, calcium, potassium, nitrogen and total phosphorus. Information on land use and agricultural management were obtained from interviews with 32 farmers in the watershed in 2011. It was observed that the water quality along the river Batatal tends to worsen due to the release of sewage, but also as a result of sub-products used in agriculture, since the use of agricultural inputs is more intense in the lower part where annual crops predominate and where the percentage of forest cover decreases.

Index terms: agricultural practices, land cover, watershed planning, water quality.

Introdução

A relação da dinâmica do uso e da cobertura das terras com as mudanças climáticas, qualidade e quantidade de água, dentre outros, tem sido estudada e comprovada por muitos pesquisadores e em diversas escalas: global, regional e local (NOSETTO et al., 2011; PRADO; NOVO, 2007; SARTOR et al., 2007; ZEILHOFER et al., 2006), sendo também o foco principal de atuação da rede Agrohidro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica a cobertura vegetal

¹ Embrapa Solos, {rachel.prado;azeneth.schuler}@embrapa.br; marysolschuler@gmail.com

² Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia/Universidade Friedrich Schiller de Jena, Alemanha, santiago.penedo@fh-koeln.de; annika.kuenne@uni-jena.de

³ Universidade de Bonn, Alemanha, vanesa@uni-bonn.de

⁴ Universidade Fluminense, marllushenrique.paiva@gmail.com

⁵ Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia, Alemanha, lars.ribbe@fh-koeln.de

em especial merece grande atenção por ser responsável pela prestação de diversos serviços ambientais. A cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica foi drasticamente reduzida em função de ciclos agrícolas sem uma preocupação conservacionista e devido à expansão urbana, dentre outros fatores. O bioma ocupava uma área correspondente a 1.300.000 km² do território nacional e deste montante restam apenas 7% de sua formação original, colocando sob ameaça de escassez os recursos hídricos. A microbacia Batatal se encontra inserida no contexto mencionado e pertence à Bacia Guapi-Macacu que possui grande importância em relação à proteção e ao fornecimento de água para abastecimento da população. Devido a este fato, muitos projetos de pesquisa têm sido desenvolvidos na região, sendo alguns deles pela Embrapa Solos. O presente estudo se propôs avaliar, de forma preliminar, o componente qualitativo da água em função do manejo agropecuário e da cobertura vegetal na microbacia Batatal, de forma a fornecer suporte ao planejamento dos recursos hídricos no meio rural.

Área de estudo

A Bacia Guapi-Macacu é composta pelos rios Guapiaçu e Macacu e localiza-se nos municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, a leste da bacia da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro e bioma Mata Atlântica, possuindo aproximadamente 1.265,5 km². Segundo Pedreira et al. (2009), a Bacia Guapi-Macacu é responsável pelo abastecimento de água para quase 2 milhões de pessoas dos municípios de São Gonçalo e Niterói (RJ). A microbacia Batatal possui 37 km², sendo o Rio Batatal afluente da margem direita do Rio Macacu. Possui um mosaico de usos agrícolas, com predomínio de culturas anuais (aipim, milho, feijão e olerícolas) na parte de baixada; de banana (perene) nas partes mais elevadas e presença de pastagem em diferentes posições do relevo. Possui uma das maiores concentrações populacionais rurais da Bacia Guapi-Macacu, estando disposta em dois núcleos (Faraó de Cima e Faraó de Baixo). Não há captação e tratamento de esgoto doméstico nesta comunidade e a utilização de fertilizantes e corretivos está presente principalmente nas culturas anuais.

Metodologia

Amostragem e análise da qualidade da água

O monitoramento bimensal da qualidade da água ocorreu de agosto de 2010 a outubro de 2011 em 3 pontos dispostos na porção mais elevada (BN), intermediária (BM) e exutório (BB) da microbacia Batatal. Os parâmetros condutividade, pH e oxigênio dissolvido foram medidos *in situ*, a partir de sonda multiparamétrica e a turbidez a partir de um turbidímetro portátil. Em laboratório os parâmetros fósforo e nitrogênio total foram analisados utilizando kits e

espectrofotômetro portátil. O cálcio e o potássio foram analisados juntamente dos demais cátions em Espectrômetro de Emissão por Plasma (ICP-OES). Os sólidos totais foram analisados utilizando o método gravimétrico, sendo que todos os métodos seguiram o American Public Health Association (2005). Os resultados foram confrontados com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 para a Classe 2, nos 3 pontos monitorados.

Entrevistas com os produtores rurais

32 produtores foram selecionados de forma aleatória sendo entrevistados na microbacia de Batatal de outubro a dezembro de 2011. Os resultados foram agrupados para o Faraó de Cima e para o Faraó de Baixo, visando identificar as diferenças no manejo agrícola em relação ao relevo e tipo de culturas. A estruturação das entrevistas semiestruturadas se baseou em diversos estudos com propósitos similares tais como Forero Álvarez (2002) e Rodríguez Osuna (2013), dentre outros. Os aspectos abordados nas entrevistas considerados neste estudo foram: uso das terras por agricultura, pastagem e floresta; uso de insumos agrícolas e tipo de cultura praticado.

Resultados e discussão

Qualidade da água

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água monitorados na microbacia Batatal encontram-se na Figura 1.

Uso e manejo agrícola

A Figura 2 apresenta os principais resultados obtidos a partir das entrevistas com os produtores rurais na parte alta e baixa da microbacia (Faraó de Cima e de Baixo).

Observa-se na Figura 1 que para todos os parâmetros avaliados de qualidade da água há uma tendência a obtenção de valores mais elevados no ponto localizado no exutório da microbacia (BB), com exceção do Oxigênio Dissolvido (OD), que tendeu a apresentar valores similares e instáveis nos 3 pontos ao longo do monitoramento, devido ao relevo movimentado, assim como o cálcio e potássio. Ao comparar os valores obtidos com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357– Classe 2, para alguns parâmetros avaliados observa-se que apenas o fósforo total extrapolou os limites em algumas coletas, principalmente no ponto BB. Porém, ao comparar os valores obtidos com os valores considerados de referência (por terem sido obtidos em área preservada da bacia, sem interferência de ações antrópicas) verifica-se que os valores obtidos em Batatal encontram-se bastante superiores, indicando reflexos das ações antrópicas na qualidade da água, tais como lançamento de esgotos e resíduos agrícolas. A Figura 2 apresenta resultados relativos ao uso da terra e manejo agrícola que explicam os resultados obtidos na Figura 1. Observe que os maiores percentuais de área das propriedades entrevistadas utilizadas para agricultura e pastagem estão localizadas na baixada, as-

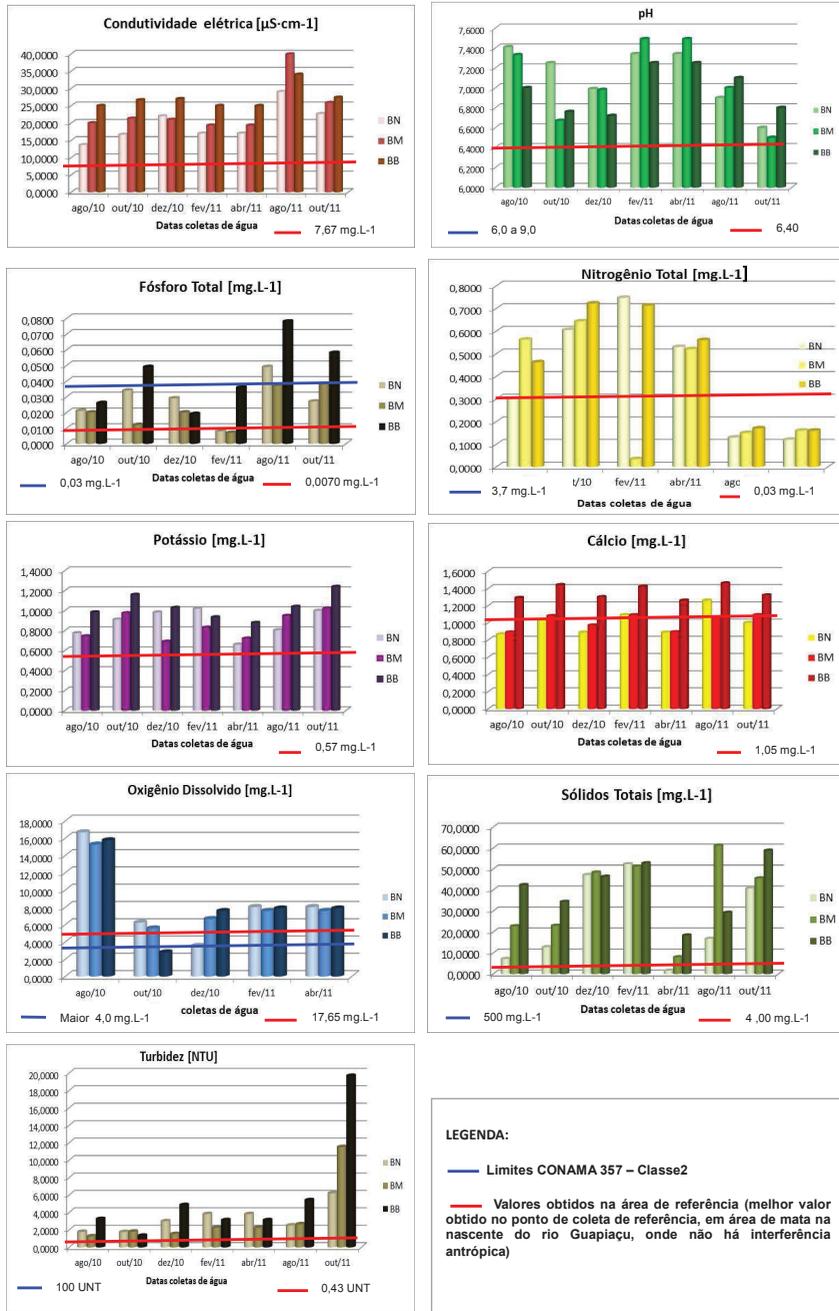


Figura 1. Resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água na microbacia Batatal, RJ.

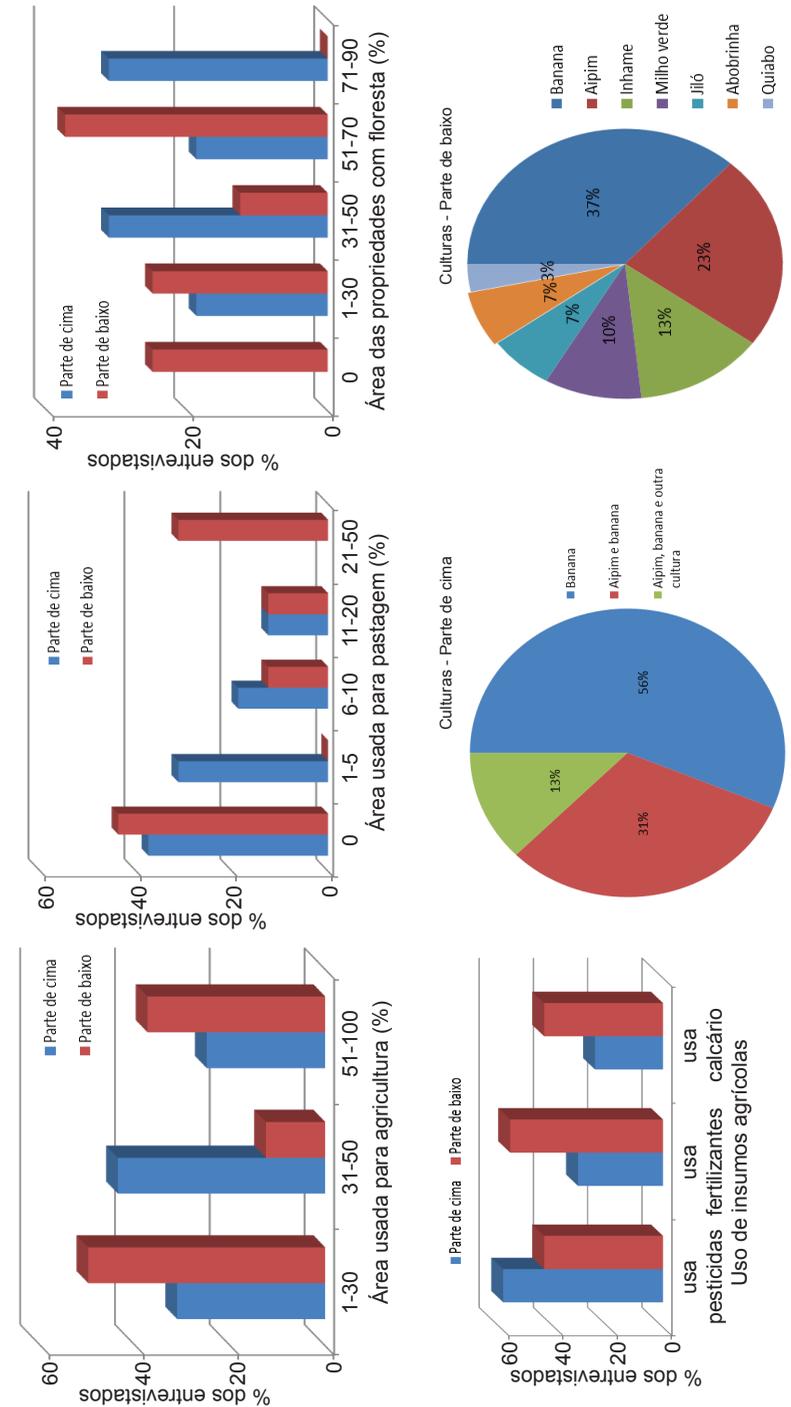


Figura 2. Resultados obtidos a partir das entrevistas com os produtores rurais sobre o manejo agrícola na microbacia (parte de cima e parte de baixo).

sim como as propriedades que apresentaram 0% de floresta, onde se encontra o ponto BB onde a qualidade da água se apresentou de pior qualidade. Na parte de cima da microbacia predomina a cultura perene da banana muitas vezes em sistema agroflorestal e com baixa utilização de insumos agrícolas, o que reflete na qualidade melhor da água encontrada no ponto BN. O uso de pesticidas declarado nesta área se refere apenas ao cultivo do aipim. Já na parte baixa, o uso de inseticidas e fungicidas aumenta principalmente nas olerícolas (inhame, abobrinha, jiló, quiabo) assim como utilização de fertilizantes (NPK) e calcário, refletindo também na qualidade da água (apesar de não ter sido escopo deste trabalho). Destaca-se ainda a deposição de sedimentos e nutrientes na parte baixa da bacia naturalmente, pelo declive acentuado e diferença de elevação da parte de cima para a parte baixa da bacia, estando esta também mais degradada e sem presença de mata ciliar, o que reflete nos maiores teores de turbidez e sólidos totais obtidos no ponto BB, na maior parte do ano.

Conclusões

- Os resultados obtidos na fase inicial de monitoramento da qualidade da água da microbacia Batatal demonstram que a situação de poluição não é ainda tão drástica quando se compara com os limites estabelecidos pela Resolução Conama 354 – Classe 2, mas chama a atenção o fato de os valores obtidos serem muito mais elevados que os obtidos na área de referência, sem interferência antrópica.
- Quanto à cobertura vegetal, os maiores fragmentos e mais conectados encontram-se na parte de cima da microbacia (Faraó de cima), conforme observado em trabalho de campo.
- A prática de cultivo de espécies anuais na baixada intensifica a utilização de pesticidas, fertilizantes (N, P, K) e calcário. Foi também obtida informação que mais recentemente está havendo adubação com cama de granja, colocando mais ainda em risco a contaminação da água superficial e subterrânea por nitratos e coliformes fecais, parâmetros não avaliados neste estudo. Além do fato de que a adubação é intuitiva, não havendo prática de análise da fertilidade dos solos com frequência.
- Na continuidade do monitoramento da qualidade da água nesta microbacia pretende-se levar em conta as contribuições das sub-bacias (afluentes do Rio Batatal), bem como obter o mapa de uso e cobertura da terra a partir de imagens de alta resolução espacial, permitindo o cálculo mais preciso das áreas das classes predominantes e sua correlação com os resultados dos parâmetros de qualidade de água obtidos no exutório de cada sub-bacia e confrontar os resultados obtidos com os resultados advindos do monitoramento da precipitação e vazão.

Agradecimentos

Ao suporte financeiro dos projetos MP2-Dinâmica da Paisagem da Embrapa, bem como Dinario da Alemanha; ao apoio técnico da secretaria de agricultura e meio ambiente, bem como da Emater de Cachoeiras de Macacu. Aos técnicos da Embrapa Fabiano Araújo e Antônio Carlos Gonçalves e aos produtores rurais entrevistados pelas informações fornecidas.

Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington, 1995. 134 p.
- FORERO ÁLVAREZ, J. **Sistemas de producción rurales en la región andina colombiana: análisis de su viabilidad económica, ambiental y cultural**. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2002. 234 p. (Ciências).
- NOSETTO, M. D.; JOBBÁGY, E. G.; BRIZUELA, A. B.; JACKSON, R. B. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 154, n. 1, p. 2-11, July, 2011.
- PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Careribu em área de Mata Atlântica - RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2009.
- PRADO, R. B.; NOVO, E. M. M. Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Ano 19, n. 37. p. 5-18, dez. 2007.
- RODRIGUEZ OSUNA, V. **Smallholder production and climate risk: the lower Amazon Region, Brazil**. Cologne Lambert Academic, 2013. 164 p.
- SARTOR, S. C. de B.; WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W., Relação das variáveis TSS e transparência da água com o uso da terra na área de captação das sub-bacias do Reservatório RODOLFO COSTA E SILVA/CORSAN - RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Inpe, Brasil, 2007. p. 3549-3551.
- ZEILHOFER, P.; LIMA, E. B. N. R.; LIMA, G. A. R. Spatial patterns of water quality in the Cuiabá river basin, Central Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 123, p. 41-62. 2006.

Planejamento do uso do solo em pequena bacia sob produção familiar: contribuição de estudos em bacias experimentais e representativas

Land-use planning in a small basin under family-based production: contribution from studies in experimental and representative basins

Carlos de Oliveira Galvão¹; Hugo Morais de Alcântara¹;
John Elton de Brito Leite Cunha¹;
Itamara Mary Leite de Menezes Taveira²

Resumo

Neste artigo apresenta-se um exercício de exploração de informações obtidas em bacias representativas e experimentais para aplicação em planejamento do uso do solo em uma pequena bacia ocupada por vários minifúndios sob produção familiar. Modelagem hidrológica e diagnóstico social e econômico são a base para a construção e simulação dos cenários de planejamento.

Termos para indexação: semiárido, bacia experimental, hidrologia, conservação do solo.

Abstract

This paper presents and exercise of exploring information from representative and experimental basins for application in land-use planning in a small basin

¹ Universidade Federal de Campina Grande, {carlos.o.galvao;john.e.cunha}@gmail.com, hugodabacia@yahoo.com.br; @gmail.com

² Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, itamaramary@gmail.com

occupied by several small farms. Hydrologic modelling and socioeconomic diagnosis base the construction and simulation of the planning scenarios.

Index terms: semi-arid, experimental basin, hydrology, soil conservation.

Introdução

As Bacias Representativas do Nordeste Brasileiro foram implantadas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) a partir da década de 1960, em cooperação com o Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento, nome em francês Institut de Recherche pour le Développement (IRD), que substituiu Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mere (Orstom), posteriormente, com universidades, com o objetivo de entendimento do comportamento hidrológico de pequenas bacias naquela região para consequente regionalização das variáveis hidrológicas (CADIER, 1996). Desde então, inúmeros estudos foram conduzidos utilizando os dados gerados nas bacias, nas áreas de monitoramento, experimentação, conceituação e modelagem hidrológicas.

Várias iniciativas também têm sido levadas a cabo para aplicar o aprendizado ganho nas bacias em ações no mundo real, com vários fins. Este artigo apresenta uma dessas iniciativas. O problema tratado é a redução das perdas de solo em uma pequena bacia do semiárido brasileiro, não instrumentada, considerando não apenas o comportamento hidrológico mas também opinião, desejos e sistemas produtivos dos produtores rurais.

Material e métodos

A Bacia Marias Pretas, não instrumentada, com 11,2 km², está localizada no semiárido da Paraíba. Vinte e sete pequenos produtores rurais utilizam direta ou indiretamente os recursos naturais da Bacia (Figura 1). Na mesma zona hidrológica estão localizadas duas bacias representativas (Sumé e Taperoá) e duas bacias experimentais (Sumé e São João do Cariri).

A hipótese que norteia o trabalho é que uma metodologia que considere cenários futuros de uso e ocupação do solo e as relações do homem com o meio ambiente resultará em uma maior possibilidade de implementação das estratégias conservacionistas (ALCÂNTARA, 2013).

A metodologia parte de uma caracterização ambiental considerando fatores climáticos, hidrológicos, políticos, econômicos e sociais, para embasar um planejamento conservacionista realista, viável e que esteja em sintonia com as necessidades dos produtores rurais. São realizadas entrevistas e reuniões com os produtores e empregam-se modelos de simulação ambiental. Os modelos podem contribuir na localização de áreas críticas e fornecer subsídios para a identificação de potenciais estratégias para a redução dos processos erosivos em diferentes escalas espaciais.

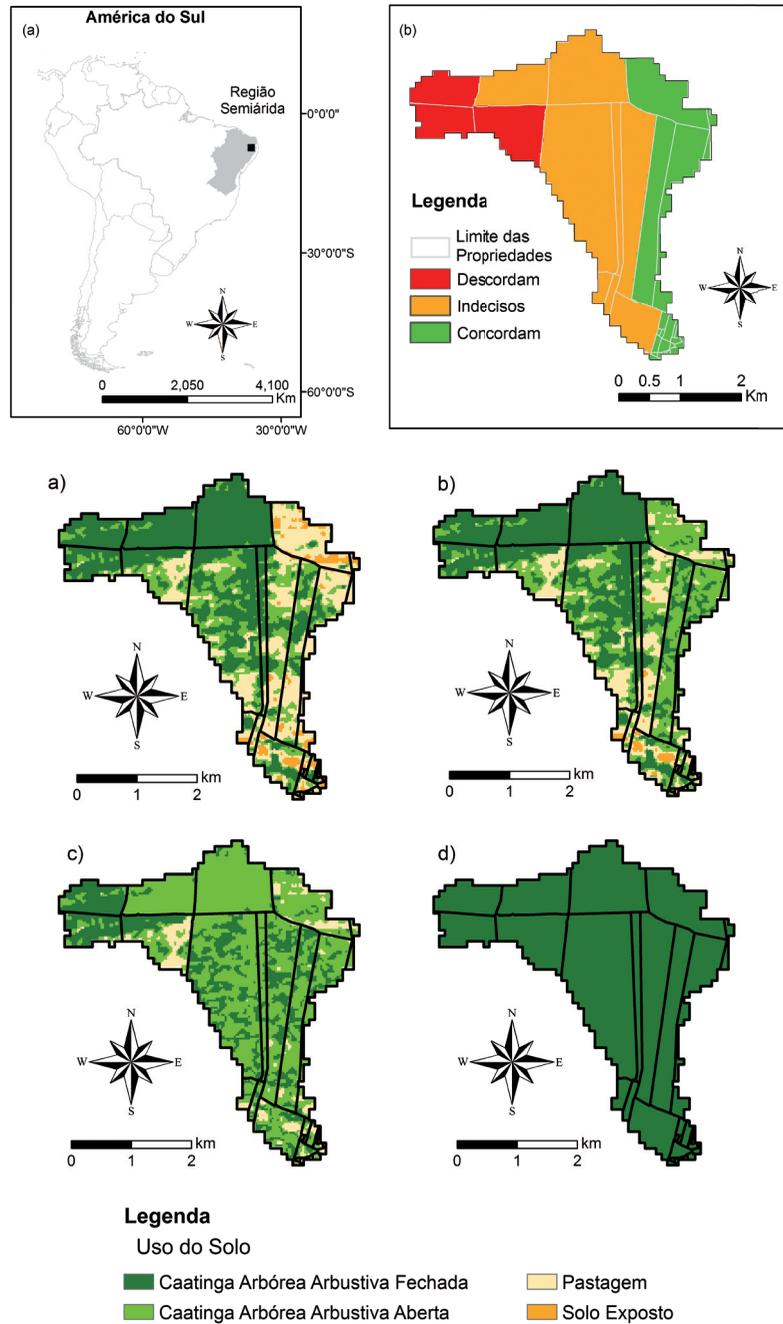


Figura 1. Localização da Bacia Marias Pretas no Semiárido brasileiro com divisão fundiária e os cenários atual (a) e alternativos (b, c, d) de uso e ocupação do solo.

No caso da Bacia Marias Pretas, estratégias candidatas de conservação e recuperação da bacia foram identificadas por meio de reuniões com grupos focais de produtores rurais. O modelo hidrossedimentológico SWAT foi usado com o objetivo de estimar a produção de sedimentos e a lâmina escoada, parametrizado com informações das bacias representativas e experimentais de Sumé e São João do Cariri. Foram simulados quatro cenários de uso e ocupação do solo (Figura 1), montados de acordo com o levantamento de opiniões dos produtores rurais, tendo sido contempladas as estratégias com maior aceitabilidade social. Os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos em nível mundial (FAO, 1965; OLIVEIRA et al., 2008), para solos rasos e de baixa permeabilidade, como o tipo predominante encontrado na bacia, o Luvissoilo Crômico Órtico Típico, foram considerados para a escolha das faixas de representação da estimativa da produção de sedimentos por sub-bacia.

As práticas conservacionistas de uso do solo dos cenários alternativos, cenários 2 e 3, foram definidos sempre em função da substituição da cobertura vegetal por sub-bacia, onde áreas de solo exposto foram substituídas por áreas de pastagens, áreas de pastagem por caatinga arbórea arbustiva aberta e as áreas de caatinga arbustiva fechada por caatinga arbórea aberta, considerando o mesmo tipo de solo em toda a área da bacia. As áreas mais conservadas foram indicadas pelos produtores como necessárias ao suporte forrageiro dos animais e ao atendimento da legislação ambiental brasileira com destinação de 20% da área da propriedade para a preservação permanente.

Resultados

A Figura 2 exemplifica os resultados obtidos pela simulação hidrossedimentológica dos cenários de uso e ocupação do solo. O cenário (a), uso atual, apresenta as maiores taxas de produção de sedimentos. O cenário (b) incorpora estratégias conservacionistas apenas pelos produtores que demonstra-

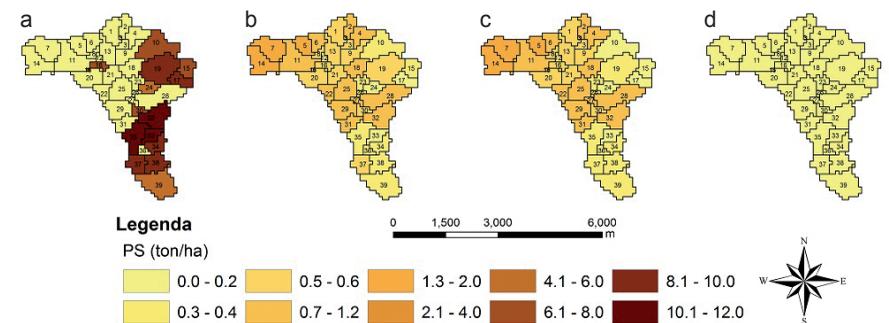


Figura 2. Estimativa da produção de sedimentos para a Bacia Marias Pretas para o ano 2008 (muito chuvoso), para os quatro cenários simulados.

ram maior aceitabilidade a tais estratégias. Nota-se que a produção anual de sedimentos para o cenário (b) apresenta uma redução de 81% em relação ao cenário (a) no ano de 2008. O cenário (c) considera que um segundo estrato de produtores, com média aceitabilidade às estratégias, as implemente. A redução da produção anual de sedimentos do cenário (c) em relação ao cenário (a) é de 81,9%. O quarto cenário (d) é um referencial extremo onde toda a bacia seria ocupada por vegetação nativa, classificada como do tipo caatinga arbórea arbustiva fechada. No período de 1998 a 2012 a produção anual de sedimentos apresentou uma redução de 66,7% a 100% quando comparados os três cenários alternativos de uso do solo com o cenário atual (a).

Conclusões

A metodologia proposta, combinando informações e modelagem hidrológicas provenientes de bacias representativas e experimentais com informações do sistema de produção agropecuário e do comportamento e cultura dos produtores, mostrou-se adequada ao planejamento do uso do solo, em escala de pequena bacia, com objetivo de redução de perdas de solo e produção de água através do escoamento superficial. O envolvimento da sociedade nas discussões e negociações ajudou a incorporar, no planejamento de uso dos recursos naturais, aspectos ambientais, culturais e sociais.

Referências

- ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do Semiárido**. 2013. 141 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- CADIER, E. Hydrologie des petits bassins du Nordeste Brésilien semi-aride: typologie des bassins et transposition écoulements annuels. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, n. 182, p. 117-141, 1996.
- FAO. **Soil erosion by water**: some measures for its control on cultivated lands. Rome, 1965. 284 p.
- OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F. e; SILVA, M. L. N. Tolerância de perda de solo por erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 60-71, 2008.

Desempenho de sistema sequencial de leitos cultivados de fluxo vertical e horizontal (*constructed wetlands*) no tratamento de esgoto doméstico: água de reuso para a agricultura

Performance of sequential vertical and horizontal flow constructed wetlands treating domestic sewage: water reuse for agriculture

Regina Maria Ferreira dos Santos¹;
Denis Miguel Roston¹

Resumo

Estudou-se um Sistema Sequencial de Leitos Cultivados (*constructed wetlands*) de fluxo vertical e horizontal alimentado com efluente de uma ETE (lodo ativado) no Município de Sumaré/SP ao longo de 160 dias. Avaliou-se o potencial de nitrificação-desnitrificação, bem como, a qualidade do efluente final, quantificando-se as seguintes variáveis: DQO, SST, Turbidez, N-amoniaco, Nitrato, Fósforo total e pH. Os resultados caracterizaram como excelente a qualidade do efluente final, demonstrando, também, o potencial do efluente para o reúso na agricultura.

Termos para indexação: nitrificação-desnitrificação, controle de poluição.

Abstract

This study evaluated a system set up with a vertical flow constructed wetland followed by a horizontal subsurface flow constructed wetland fed with effluent from a activated sludge type wastewater treatment plant. The system was operated for 160 days. It was evaluated the potential of nitrification-denitrification, as well as the quality of the final effluent, quantifying the

¹ Universidade Estadual de Campinas/Feagri, reginaambiente@gmail.com;
denis@feagri.unicamp.br

following variables: COD, TSS, turbidity, N-nitrate, pH and total phosphorus. The results showed the quality of the final effluent as excellent, demonstrating also, the potential for reuse in agriculture.

Index terms: nitrification-denitrification, pollution control.

Introdução

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) encontra-se hoje em uma situação crítica devido ao comprometimento da qualidade das águas de suas bacias hidrográficas e da forte pressão de demanda, sendo, portanto, o reúso de água uma alternativa plausível para minorar esse panorama, pois satisfaz as demandas menos restritivas e libera a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Vale ressaltar que existe uma grande defasagem no tratamento de efluentes, pois parte das ETEs existentes, principalmente as mais antigas, foram projetadas e são operadas baseadas somente na eficiência de remoção de material sólido, colimetria e de matéria carbonácea, sendo que a eficiência na remoção das frações nitrogenadas e fosforadas ainda são baixas e quando esses efluentes são lançados aos corpos d'água, podem causar sérios desequilíbrios ambientais como o comprometimento da biota local e da saúde humana.

Assim, tecnologias como sistemas sequenciais de Leitos Cultivados de fluxo vertical e horizontal vêm se destacando como alternativas para o pós-tratamento de águas residuárias. Kadlec e Wallace (2009) e Santos (2009), indicam que os leitos de fluxo vertical promovem a nitrificação, sendo o nitrogênio posteriormente removido por desnitrificação em um leito sequencial de fluxo horizontal. Além disso, a alta capacidade de transferência de oxigênio nos leitos verticais induz a uma boa remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Nesse contexto, Kantawanichkul e Boontakhum (2012) e Turkovic e Fuchs (2010) também obtiveram resultados consideráveis ao avaliarem Leitos cultivados (*constructed wetlands*).

Material e métodos

Conforme apresenta o fluxograma da Figura 1, o sistema compreende 02 leitos cultivados com macrófitas de fluxo vertical dispostos paralelamente. Os dois tanques foram construídos em fibra de vidro nas dimensões 2,50 m x 1,10 m x 1,20 m, com área superficial 2,75 m². Os módulos filtrantes (meio suporte) dos leitos de fluxo vertical foram constituídos em 03 camadas: topo - 0,07 m de brita 1, intermediária - 0,60 m de areia média, fundo - 0,13 m de brita 1, e do leito de fluxo horizontal, uma camada única com 0,70 m de brita 02. Os três leitos foram cultivados com *Typha* sp. (taboa). A Figura 2 apresenta a disposição dos leitos e o desenvolvimento das macrófitas.

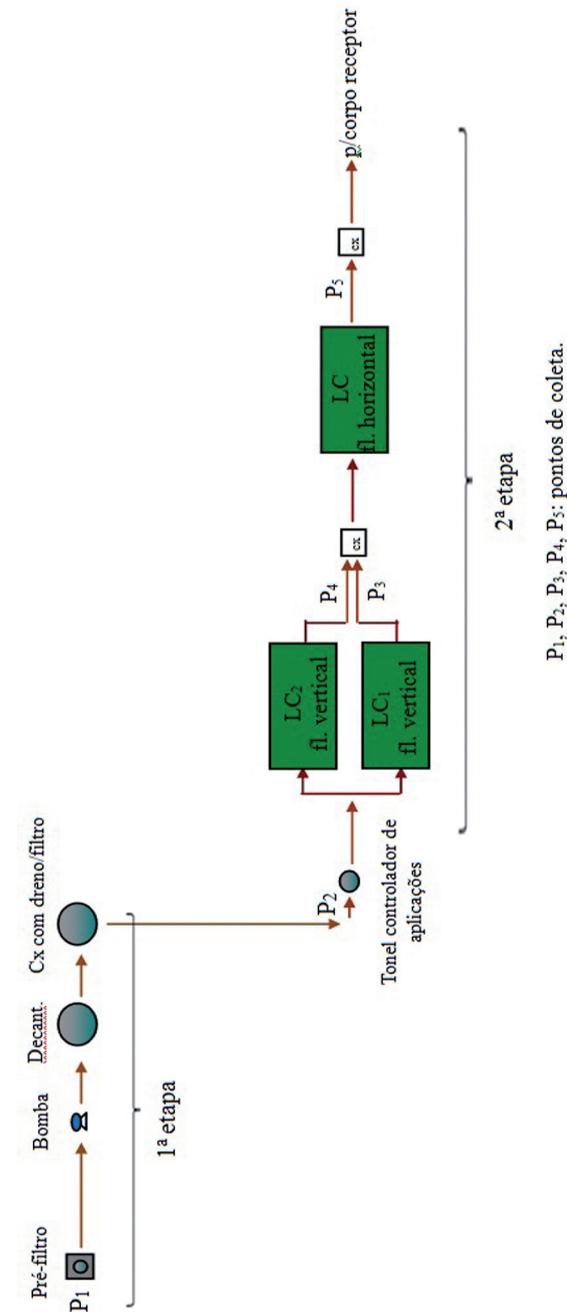


Figura 1. Fluxograma do Sistema Experimental.



Figura 2. (A) disposição dos leitos; (B) desenvolvimento das macrófitas; (C) amostras de efluente na entrada e ao longo das unidades do sistema sequencial.

Avaliou-se o potencial de nitrificação-desnitrificação, bem como, a qualidade do efluente final, quantificando-se as seguintes variáveis: DQO, SST, Turbidez, N-amoniaco, Nitrato, Fósforo total e pH. O sistema foi avaliado ao longo de 160 dias.

Resultados e discussão

No período operado, o sistema demonstrou boa transferência de oxigênio para o interior dos leitos devido à intermitência das aplicações, eficiência de 40% de nitrificação, apesar da baixa faixa de pH (6,25 a 3,69), produzindo um efluente com concentração média de $29,5 \text{ mgN-NO}_3\text{L}^{-1}$, entretanto, a desnitrificação no leito horizontal não ocorreu com a eficiência desejada. Este fato pode ter sido causado pela alta concentração de oxigênio do efluente do leito vertical associado a um tempo de detenção hidráulico baixo no leito horizontal não havendo tempo suficiente para o ambiente atingir características anóxicas. Por outro lado, valores obtidos para SST (eficiência 93,85%, concentrações: afluente $37,4 \text{ mgL}^{-1}$ e efluente $2,3 \text{ mgL}^{-1}$), Turbidez (eficiência 97%, concentrações: afluente 31,1 NTU e efluente 1 NTU), DQO (eficiência 74%, concentrações: afluente $114,7 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ e efluente $29,9 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$) caracterizaram como excelente a qualidade do efluente final, bem como, seu potencial para o reúso agrícola.

Conclusão e recomendações

O Sistema Sequencial constituído de Leitos Cultivados (*constructed wetlands*) de Fluxo Vertical e Fluxo Horizontal demonstrou potencial para remover SST, Turbidez, DBO_5 , DQO, P e efetivar a nitrificação. Esse teor de nitrato no

efluente final ressalta o potencial do efluente para o reúso na agricultura, já que pode ser útil na substituição total ou parcial de parte dos insumos necessários para o desenvolvimento da cultura, além de poder satisfazer, total ou parcial, a necessidade hídrica da planta. No caso de lançamento direto em corpos d'água se faz necessário a adequação do sistema para que a desnitrificação ocorra de maneira eficiente, diminuindo, assim, a concentração final de nitrogênio. Dependendo do uso e do tipo de aplicação da água residual tratada recomenda-se, por segurança, a desinfecção.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, recomenda-se:

- 1) continuidade dos estudos utilizando leitos cultivados de fluxo horizontal com maiores dimensões para se ter maiores TDH ou a inserção de uma ou duas unidades nas mesmas dimensões das estudadas operando em série, com vistas a identificar o potencial de nitrificação-desnitrificação;
- 2) estudar uma operação mais prolongada dos Leitos Cultivados com Macrófitas de Fluxo Vertical e de Fluxo horizontal, submetidas a taxas hidráulicas maiores, a fim de se identificar possíveis problemas de fluxo e colmatção do maciço filtrante;
- 3) estudos com outras composições de meio filtrante, tanto em relação ao tipo e granulometria do meio quanto à espessura das camadas;
- 4) estudar o Leito Cultivado de Fluxo Vertical com diferentes granulometria da areia e com períodos de tempo mais prolongados para maior compreensão do seu processo hidrodinâmico e tempo de vida útil do meio filtrante;
- 5) estudos referentes à desinfecção, preferencialmente aqueles que se integrem à simplicidade dos Leitos Cultivados, sendo de baixo custo, fácil operação e sem a utilização de energia elétrica, com vistas a assegurar o reúso do efluente na agricultura em áreas rurais.

Referências

- KADLEC, R.; WALLACE, S. **Treatment wetlands**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2009. 1016 p.
- KANTAWANICHKUL, S.; BOONTAKHUM, W. Effect of dosing regime on nitrification in subsurface vertical flow treatment wetland system. **Water Science & Technology**, Oxford, v. 66, n. 6, p. 1220-1224, 2012.
- SANTOS, R. M. F. **Pós-tratamento de esgoto: sistema sequencial de Leitos Cultivados (constructed wetlands) vertical e horizontal**. 2009. 156 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- TURKOVIC, R.; FUCHS. Oxygen transport and consumption in wastewater percolated sand filters. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 12., 2010, Venice. **Proceedings...** Venice: University of Florence, 2012.

Monitoramento da qualidade da água de igarapés da amazônia oriental em unidades demonstrativas de recuperação de áreas de preservação permanente

Streamwater monitoring in creeks from Eastern Amazon along restored riparian forest plots

Pedro Gerhard*¹; Juliana Feitosa Felizzola¹

Resumo

São apresentadas ações de monitoramento de qualidade de água fluvial ao longo de áreas de preservação permanente revegetadas ou a serem revegetadas em zonas ripárias de igarapés da Amazônia Oriental. O delineamento de amostragem será do tipo BACI (antes-depois-controle-impacto). As variáveis a serem monitoradas em cada estação serão: sedimentos em suspensão (nível de base e pico de vazão), parâmetros físicos e químicos da água, coliformes totais e fecais e biota aquática (avaliação rápida baseada em peixes e libélulas). O monitoramento será iniciado no primeiro trimestre de 2014. Serão tomadas amostras trimestrais durante três anos.

Termos para indexação: biomonitoramento, sedimentos fluviais, química e física da água fluvial, Código Florestal Brasileiro.

Abstract

This paper is the description of a monitoring plan of four stream reaches crossing plots of riparian forest, either revegetated or to be revegetated. The plan will take place in Eastern Amazonia. The BACI (before-after-control-impact) sampling design will be used. The variables to be monitored at each station are: suspended sediments (base level and peak flow level),

¹ Embrapa Amazônia Oriental, pedro.gerhard@gmail.com, juliana.felizzola@embrapa.br

physicochemical water parameters, total and fecal coliforms and aquatic biota (rapid assessment based on fish and dragonflies). Quarterly samples will be taken for three years, beginning in the first quarter of 2014.

Index terms: biomonitoring, stream sediments, streamwater physicochemical parameters, Brazilian Forest Code.

Introdução

As interações entre atividades agropecuárias e qualidade e quantidade de água de escoamento fluvial são bem conhecidas para a maior parte dos biomas do planeta. Também é grande o reconhecimento do papel das zonas ripárias - áreas do sistema terrestre sob influência do sistema fluvial - no direcionamento e retenção de água, sedimentos e nutrientes, além da manutenção da integridade física do contínuo terra-água. O Código Florestal Brasileiro reconhece esta importância por meio de mecanismo de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo de canais fluviais.

Por outro lado, o conhecimento da eficiência de ações de restauração ecológica, por exemplo, do reflorestamento de zonas ripárias são desconhecidos para muitas regiões, especialmente na Amazônia brasileira. Portanto, esta atividade do projeto AgroHidro foi delineada para monitorar aspectos da qualidade de água em trechos de igarapés da Amazônia Oriental onde houve restauração de trechos de APPs. Serão avaliados aspectos diretos da qualidade da água, como sedimentos, parâmetros físicos e químicos e coliformes fecais e totais. Além disso, serão avaliados dois grupos de bioindicadores como substitutos (*surrogates*) das funções ecossistêmicas do sistema fluvial.

Material e métodos

Inicialmente (primeiro trimestre de 2014), as ações de monitoramento serão conduzidas em quatro áreas da Amazônia Oriental, nos municípios de São Francisco do Pará, Marapanim, Irituia e Mãe do Rio, todos no Estado do Pará. Três destas áreas já apresentam esforços de restauração de um trecho da floresta ripária de igarapés, a partir de projeto anterior aos da rede AgroHidro: Marapanim, Mãe do Rio e Irituia. Uma área será implantada em São Francisco do Pará. Cada área já revegetada foi preparada há cerca de três anos, e apresenta no momento porte pequeno, com árvores de cerca de 2 metros de altura. As áreas medem, ao longo da margem do canal fluvial, cerca de 125 metros e possuem 25 metros de largura. A área a ser implantada deverá possuir as mesmas características.

A estratégia de amostragem seguirá, tanto quanto possível, o modelo antes-depois-controle-impacto (conhecido como BACI, da sigla em inglês: *before-after control-impact* (Smith, 2002). Neste delineamento são determinadas estações fixas de monitoramento de qualidade da água antes e depois do im-

pacto (que equivale a um talhão de vegetação ripária revegetada), e estações fixas, em mesmo número, em um canal similar e adjacente que não sofreu intervenção, preferencialmente sob influência do mesmo tipo de uso do solo. A linha de base será obtida da amostragem em áreas preservadas, o mais próximo possível das áreas sob impacto. Desta forma, serão amostrados oito igarapés, tomando-se, a cada campanha, dezesseis amostras nos pontos de controle e impacto, à montante e à jusante das áreas focais (os trechos de igarapés protegidos pelas áreas revegetadas). Outras duas amostras serão tomadas em igarapés próximos, drenando fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, fisionomia característica da região (IBGE, 2008).

Seguem comentários sobre as variáveis a serem mensuradas de cada uma das amostras:

- Sedimentos em suspensão (nível de base e pico de vazão): amostrador integrador de vertical e bateria de garrafas coletoras de evento de pico de vazão (PRIORITY ACTIONS PROGRAMME, 1997).
- Oxigênio dissolvido e temperatura da água: sonda digital da marca Hanna.
- pH da água: sonda digital portátil marca Hanna.
- Coliformes fecais e totais: kits de incubação rápida (e.g., placas da marca 3M, modelo Petrifilm).
- Diversidade de peixes: método de amostragem rápida derivado de Gerhard (em fase de elaboração)², focado nas espécies mais abundantes, mas de potencial indicador de alterações na zona ripária.
- Diversidade de imaturos e adultos de Odonata: método de amostragem rápida por procura em áreas fixas (Marco Júnior, 1998).

Os dados serão sumarizados e avaliados por estatísticas básicas empregando o programa PAST 3.0 (Hammer et al., 2001). O conjunto das medidas de cada variável tomadas em cada amostra serão avaliadas pela análise de variância de medidas sucessivas (repeated-measures-ANOVA) pelo programa Canoco 5.03 (Braak; Šmilauer, 2012).

Resultados esperados

Os resultados obtidos poderão evidenciar a eficiência das áreas restauradas quanto: a) roteamento de sedimentos; b) temperatura da água e metabolismo de oxigênio; c) aporte e metabolismo de coliformes; d) diversidade de peixes e libélulas. É esperado que as áreas revegetadas atuem como: a) filtros de sedimentos oriundo das vertentes; b) estruturadoras dos canais e estabilizadoras das margens dos igarapés; c) cobertura contra a insolação direta; d)

² *Land-use and stream fish assemblages in an amazonian agricultural landscape*, de autoria de Pedro Gerhard, publicado no periódico *Biological Conservation*, editado pela Elsevier, 2014.

evitem a presença de animais domésticos sobre o canal, e) favoreçam espécies de peixes e libélulas sensíveis à degradação da zona ripária por uma somatória de suas funções.

Considerações finais e trabalhos futuros

As áreas revegetadas são bastante reduzidas em relação ao total da zona ripária nas bacias definidas pelos igarapés estudados. Porém, algumas das áreas revegetadas eram áreas críticas, degradadas, em bacias outrossim relativamente bem preservadas em suas APPs fluviais. No futuro, espera-se poder atuar com projetos de revegetação em áreas mais extensas, de modo a cobrir toda extensão degradada de uma pequena bacia. No presente, o objetivo é a padronização de métodos e demonstração de técnicas de monitoramento rápido. A mesma atividade deste Plano de Ação 5 do Projeto Componente 6 do MP1 AgroHidro avaliará os mesmos parâmetros, sob a mesma estratégia amostral, em relação a unidades mitigadoras de acesso e/ou travessia de gado bovino sobre APPs.

Referências

- Braak, C. J. F. ter; Šmilauer, P. **Canoco reference manual and user's guide**: software for ordination. Version 5.0. Wageningen: Centre for Biometry, 2012. 496 p.
- Hammer, O.; Harper, D. A. T.; Ryan, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologica Electronica**, Oslo, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2013.
- IBGE. **Estado do Pará**: vegetação. Brasília, DF, 2008. Escala 1:800.000.
- MARCO JUNIOR, P. De. The amazonian campina dragonfly assemblage: patterns in microhabitat use and behavior in a foraging habitat (Anisoptera). **Odonatologica**, Bergen, v. 27, p. 239-248, 1998.
- PRIORITY ACTIONS PROGRAMME. Regional Activity Centre. **Guidelines**: for mapping and measurement of rainfall-induced erosion processes in the Mediterranean coastal areas. Split, 1997. 73 p.
- Smith, E. P. BACI design. In: El-Shaarawi, A. H.; Piegorisch, W. W. (Ed.). **Encyclopedia of Environmetrics**. Chichester: J. Wiley, 2002. p. 141-148.

Aplicação do modelo SWAT para avaliação da influência da mata ciliar da Bacia do Rio Siriri-Sergipe, sobre a produção de sedimentos

Application of SWAT model to evaluate the influence of bank vegetation on sediment yield in the Basin of Siriri River, Sergipe

Ricardo de Aragão¹; Marcus Aurélio Soares Cruz^{*2};
Julio Roberto Araujo de Amorim²; Luciana Coelho Mendonça³;
Silmara de Moraes Pantaleão³

Resumo

O desmatamento nas bacias hidrográficas pode levar à completa extinção da vegetação nativa, principalmente nas áreas de nascente e na mata ciliar. A determinação da influência da mata ciliar para a redução da produção de sedimentos e do escoamento, na bacia do rio Siriri, Sergipe foi realizado via modelo Soil and water assessment tool (SWAT) (NEITSCH et al., 2005) considerando dois cenários. Os resultados mostram que houve redução da carga de sedimento com o incremento da mata ciliar, porém o percentual de redução foi baixo.

Termos para indexação: Rio Siriri, modelo SWAT, mata ciliar

Abstract

The deforestation of river basins can lead to the complete extinction of native vegetation, particularly the bank vegetation. The influence of the bank

¹ Universidade Federal da Paraíba, ricardoaragão@yahoo.com.br

² Embrapa Tabuleiros Costeiros, {marcus.cruz;julio.amorim}@embrapa.br

³ Universidade Federal de Sergipe, lumendon@uol.com.br; spleao@yahoo.com.br

vegetation on the reduction of sediment yield process in the basin of Siriri river, in the State of Sergipe, were attempted through the application of the model SWAT (Neitsch et al., 2005) considering two scenarios. The results show the reduction of sediment load, however, very reduced.

Index terms: Siriri river, SWAT model, bank vegetation

Introdução

O crescimento do desmatamento em bacias hidrográficas, principalmente nas áreas de nascente e da mata ciliar, tem sido cada vez maior. A mata ciliar previne que a carga de sedimentos advinda das vertentes seja depositada no leito dos corpos de água. Assim faz-se necessário determinar a influência desta mata ciliar e da vegetação de nascentes sobre o escoamento superficial e sobre a produção de sedimentos e como estes processos poderão ser quantificados

Para tanto, pode-se utilizar modelos hidrossedimentológicos de base física que procuram simular os processos de escoamento superficial e produção de sedimento o mais próximo do que acontece na natureza, tendo como exemplo o modelo SWAT (NEITSCH et al., 2005), que tem produzido bons resultados. Este modelo foi aplicado à Bacia do Rio Siriri, Sub-bacia do Rio Japarutuba, em Sergipe, para avaliar a influência da mata ciliar e de nascentes sobre a produção de sedimentos e sobre o escoamento superficial.

Material e métodos

A sub-bacia do Rio Siriri é uma das três sub-bacias que compõe a bacia do Rio Japarutuba (Sergipe), está toda inserida na porção agreste desta bacia e tem área de drenagem de ~397,29 km². A precipitação média na bacia varia de 700 mm a 900 mm. O potencial hídrico da bacia é baixo (3,29 m³/s para o posto Rosário do Catete, Agência Nacional de Águas (2014), porém diversas atividades de uso da terra são desenvolvidas: dentre as quais agropecuárias e exploração mineral.

O modelo aqui empregado foi o SWAT, (NEITSCH et al., 2005), um modelo contínuo no tempo, de base física e distribuído que pode simular o escoamento superficial via o método do Soil Conservation Service (SCS), e onde a produção de sedimentos é estimada usando a equação universal de perda de solo modificada - Universal Soil Loss Equation (Musle). Para modelagem, foram utilizados dados de uso do solo, localização dos postos pluviométricos, fluviométricos, (SERGIPE, 2012), sendo o uso do solo levantado no ano 2005. Os dados climatológicos e fluviométricos cobrem o período de 1983 a 2009 e são provenientes, respectivamente, da estação Faz. Exp. Pirangi e estação Rosário do Catete (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2014).

As propriedades do solo foram determinadas a partir das informações de Araújo Filho et al. (1999), e de uso/manejo por Aragão et al. (2013). Foram considerados dois cenários de uso do solo: o uso na bacia no ano 2005 (Cenário C1); cenário C1 + uma faixa de mata ciliar ao longo de todos os cursos de água, desde a borda da calha do leito com largura de 30 m (Cenário 2 - C2). A escolha tomou por base o que consta na Lei 12.651 (BRASIL, 2012).

Visto que não existem dados de vazão medida para os dois cenários, não foi efetuada a calibração dos parâmetros. Como alternativa, foram considerados os parâmetros mais influentes no processo chuva x vazão x erosão e os seus valores iniciais fornecidos pelo modelo, parâmetros estes identificados por Aragão et al. (2013), via análise de sensibilidade para esta bacia, cujo significado, unidades e faixa de trabalho estão descritos em Neitsch et al. (2005): Alpha_Bf (0,048 dias), Canmx (0 mm), Ch_K2 (0 mm h⁻¹), Ch_N2 (0,014), Cn2 (55 a 77), Esco (0,95), Gw_Delay (31 dias), Gw_Revap (0,02), Gwqmn (0 mm), Revapmn (1 mm), Surlag (4 dias), Usle_C, Usle_K (t h MJ⁻¹ mm⁻¹), Usle_P. Para Usle_C e Usle_K foram considerados os seguintes valores: Mata secundária - USLE_C= 0,0010; Floresta - C= 0,0010; Pastagem - C= 0,0080; Cultivo (cana-de-açúcar) - C= 0,3066.; Argissolos vermelhos - USLE_K=0,029; Argissolos amarelos - USLE_K=0,021; Neossolos flúvico - USLE_K=0,025; Neossolos quartzarenicos - USLE_K=0,017.

Discussão dos resultados

Os parâmetros Usle_K e Usle_C variaram de acordo com o tipo de solo e manejo do solo. O parâmetro CN2 variou de 55 a 77, sendo o valor médio de CN2 para C1 e C2, respectivamente, 77,12 e 67,87. Os valores iniciais dos parâmetros para C1 e C2 são também os mesmos. Entretanto, uma maior área de floresta (C2) fez crescer a evapotranspiração (de 528,2 mm/ano para 530,70 mm/ano). A produção de sedimentos média anual para C1 foi igual a 0,40 e para C2 igual a 0,36 t/km². Para estas condições, tem-se que o desvio padrão e o coeficiente de variação caíram de 0,40 (75,58%) para 0,36 (75,23%). Houve uma redução da produção anual de sedimentos, ainda que pequena (9 %), Figura 1, o que também denota o papel importante da mata ciliar, apesar de o aumento na área de mata nativa não ser alto.

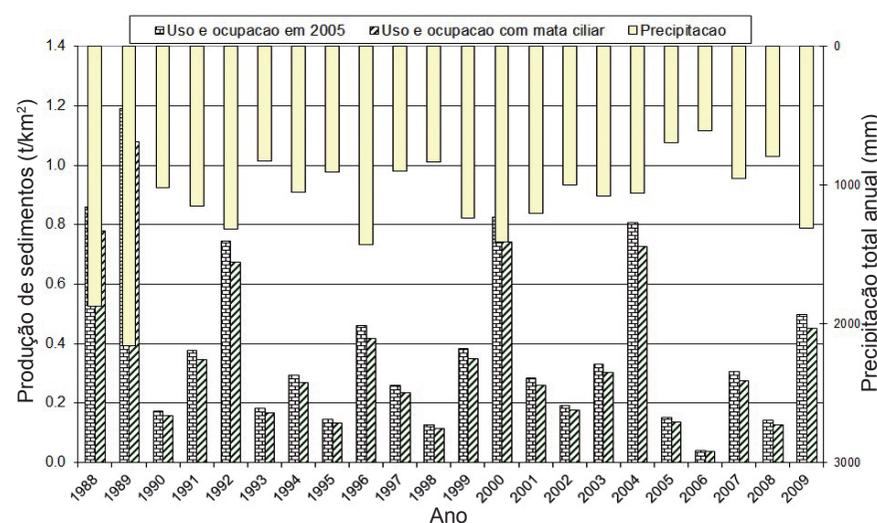


Figura 1. Produção anual de sedimentos simulada (t/km²) para o período 1988-2009 e para os cenários C1 e C2.

Conclusões

A mata ciliar é um eficiente elemento para a redução da carga de sedimentos; reflorestamento apenas das margens dos grandes corpos hídricos não causará o impacto positivo esperado; o modelo SWAT foi eficiente em simular o comportamento da bacia em face das mudanças de cenários de uso do solo.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- ARAGÃO, R. de.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de; MENDONÇA, L. C.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN, V. S. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia no agreste nordestino. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 37, n. 4, p. 1091-1102. jul. 2013.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de; LOPES, O. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; NOGUEIRA, L. R. Q.; BARRETO, A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 1 CD-ROM (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa, 4).

BRASIL. Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de maio de 2012. Seção 1. p. 1.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. **Soil and water assessment tool – theoretical documentation**. Version 2005. Ames, 2005. 494 p.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas de recursos hídricos do Estado de Sergipe**. Aracaju, 2012.

Variabilidade espacial de atributos físicos do solo no perímetro irrigado pontal sul, em Petrolina, PE

Spatial variability of size fractions in pontal sul, Petrolina, PE

Clóvis Manoel Carvalho Ramos¹;

Luís Henrique Bassoi²;

Célia Regina Lopes Zimback³

Resumo

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo, em particular as relacionadas à distribuição granulométrica, que influenciam o fluxo superficial e o movimento de água no solo, contribuem na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo e é fundamental para o planejamento ambiental. O trabalho teve como objetivo estudar a variação espacial das frações granulométricas do solo na área do perímetro de irrigação do Pontal Sul e confeccionar modelos de distribuição espacial destas frações. Os percentuais das frações granulométricas apresentaram dependência espacial forte para areia, silte e argila.

Termos para indexação: geostatística, areia, silte, argila, semiárido

Abstract

Knowledge of the spatial variability of soil physical properties, especially related to the particle size distribution, which directly influence the flow and movement of surface water in the soil, can contribute to define better strategies for sustainable management of soil and critical to the environmental planning. The work aimed to study the spatial variability of soil size fractions in

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, clovis.ramos@univasf.edu.br

² Embrapa Semiárido, luis.bassoi@embrapa.br

³ Universidade Estadual Paulista, czimback@gmail.com

the Pontal Sul irrigation perimeter and designing models of spatial distribution of these fractions. The percentages of size fractions showed strong spatial dependence for sand, silt and clay.

Index terms: geostatistics, sand, silt, clay, semiarid.

Introdução

A textura do solo tem grande influência no manejo da irrigação, pois está relacionada com a capacidade de retenção de umidade, a permeabilidade, o fluxo superficial e o movimento de água no solo. Embora a capacidade de retenção de água e nutrientes esteja relacionada com outras características, como estrutura, conteúdo de matéria orgânica, tipo de argila e de cátions, a retenção de água possui boa relação com os teores de argila. O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo, principalmente das relacionadas à distribuição granulométrica pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo e fundamentais para o planejamento ambiental. Como consequência da variação contínua dos solos, utiliza-se o modelo probabilístico associado à localização espacial dos pontos amostrados para uma análise da variabilidade espacial dos valores observados (ALMEIDA et al., 2011), pressupondo que os atributos localizados mais próximos são mais semelhantes entre si do que os mais distantes (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989; KUZYAKOVA et al., 2001; MATHERON, 1963).

Material e métodos

Foram distribuídos, ao longo da área do Perímetro Irrigado, 64 pontos de amostragem para coleta de amostra nas camadas de 0,0 a 0,20 m e outra de 0,20 m a 0,40 m. Os pontos foram marcados levando em consideração a classificação de solos realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e de forma a obter melhor distribuição e posterior espacialização dos dados. Foram coletadas 122 amostras, 62 amostras de 0,0 a 0,20 m e 60 amostras de 0,20 m a 0,40 m. Depois de secadas ao ar, as amostras desagregadas foram utilizadas para determinação da granulometria com base em metodologia descrita no manual de métodos de análises físicas (CLAESSEN, 1997). A dependência das variáveis físicas do solo na escala do espaço foi feita entre pares de observações subsequentes. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados da semivariância $\gamma^*(h)$, são estimados os coeficientes, efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (A_0) do modelo teórico para o variograma, que corresponde ao conceito da Zona de Influência ou de Dependência Espacial de uma amostra, marcando a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes (GUERRA; SALLES, 1988). A dependência espacial, Índice de Dependência Espacial (IDE), foi avaliada considerando a classificação proposta por Zimback (2001).

Discussão dos resultados

Para todas as variáveis, os modelos diferiram em relação a camada de estudo. Bertolani et al. (2000) afirmaram que os modelos esférico e exponencial são os que mais se ajustam aos dados de atributos físicos do solo. Ao observar o alcance, vê-se que as frações areia e argila têm a variação invertida em relação à camada, tendendo a uma maior uniformidade na camada onde a fração granulométrica considerada é maior, fato observado em Abreu et al. (2003) e Mello et al. (2006). Com relação ao IDE, todas as variáveis estudadas apresentaram dependência espacial alta, baseado na a classificação proposta por Zimback (2001), exceto para o silte, com dependência espacial moderada.

Tabela 1. Modelos e parâmetros dos variogramas para os atributos físicos do solo percentual de areia, argila e silte.

Fração Granulométrica	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	r^2	RSS	IDE (%)
Areia 0-20	Exponencial	0,00001	0,00452	970	0,58	0,0000042	99,8
Areia 20-40	Gaussiano	0,00064	0,00686	930	0,84	0,0000027	90,7
Argila 0-20	Gaussiano	0,00000	0,00114	1070	0,69	0,0000003	100,0
Argila 20-40	Exponencial	0,00000	0,00287	1820	0,70	0,0000026	100,0
Silte 0-20	Gaussiano	0,00126	0,00294	2570	0,77	0,0000011	57,1
Silte 20-40	Esferico	0,00003	0,00224	3350	0,86	0,0000005	98,7

C_0 - efeito pepita; $C_0 + C$ - patamar, A_0 - alcance, r^2 : coeficiente de determinação múltipla do ajuste; RSS - soma de resíduos, IDE: Índice de Dependência Espacial

Conclusões

Os percentuais das frações granulométricas apresentaram dependência espacial forte para areia, silte e argila, nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Os semivariogramas teóricos permitiram a geração de mapas da distribuição ao longo da área do perímetro irrigado. Observou-se que há uma maior uniformidade da fração granulométrica considerada, na camada onde seu percentual é maior.

Referências

ABREU, S. L. DE; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. DA; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 275-282, 2003.

- ALMEIDA, A. Q. DE; RIBEIRO A.; PAIVA, Y. G.; RASCON, N. JR. L.; LIMA, E. P. Geoestatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 354-358, 2011.
- BERTOLANI, F. C.; GONZÁLEZ, A. P.; LIÑARES, M. L.; VÁZQUEZ, E. V.; MIRANDA, J. G. V. Variabilidade espacial da rugosidade superficial do solo medida com rugosímetros de agulhas e laser. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 227-234, 2000.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.
- GUERRA, A. G.; SALLES, J. J. C. **Geoestatística operacional**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, 1988. 145 p.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.
- KUZYAKOVA, I. F.; ROMANENKOV, V. A.; KUZYAKOV, Y. A. V. Geostatistics in soil agrochemical studies. **European Soil Science**, Oxford, n. 34, p. 1011-1017, 2001.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Ottawa, v. 58, p. 1246-1266, 1963.
- MELLO, G. de; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 294-305, 2006.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

Mapeamento de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho, DF

Soil mapping in the Buriti Vermelho Watershed, DF

Denilson Pereira Passo¹; Lineu Neiva Rodrigues²; Adriana Reatto²; Eder de Souza Martins²

Resumo

Este trabalho apresenta um mapeamento detalhado dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho-DF, na escala de 1:25.000. Os dados coletados em campo possibilitaram o reconhecimento das unidades pedológicas, que posteriormente foram delimitadas a partir técnicas de geoprocessamento, com o auxílio do mapa geomorfológico e processamento de parâmetros morfométricos. Constatou-se a presença das seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho (87,4%), Latossolo Vermelho Amarelo (3,5%), Cambissolo (5,4%) e Gleissolo Háplico (3,7%).

Termos para indexação: gestão territorial, pedologia, geomorfologia, Bioma Cerrado.

Abstract

This paper presents a detailed soil mapping in the Buriti Vermelho watershed, scale 1:25,000. The field data collected allowed the recognition of soil units, which were subsequently delineated by GIS techniques, with the aid of geomorphological map processing and morphometric parameters. The map is composed of the following classes: Udic Oxisol (87.4%), Ustic (3.5%), Cambisol (5.4%), Haplic Gleysoil (3.7%).

Index terms: territorial management, pedology, geomorphology, Cerrado Biome.

¹ Universidade de Brasília, geodenilson@gmail.com

² Embrapa Cerrados, {lineu.rodrigues;adriana.reatto;eder.martins}@embrapa.br

Introdução

A região sudeste do Distrito Federal é caracterizada por apresentar extensas áreas agrícolas irrigadas, principalmente por pivôs centrais. Informações detalhadas de solos são importantes para o adequado manejo da irrigação e dos recursos hídricos tanto quanto em estudos em hidrologia. Observa-se, entretanto, que os trabalhos realizados na região a respeito da caracterização e mapeamento de solos são ainda escassos e executados em escala muito pequena.

Segundo Freitas-Silva e Campos (1998), os solos desempenham funções primordiais como função filtro, função reguladora e função recarga, além disso, condicionam o tipo de vegetação e são indicadores das atividades antrópicas e da interface entre sua conservação e a conservação dos recursos hídricos.

Bacias experimentais, como a do Buriti Vermelho, configuram-se como verdadeiros laboratórios de campo, devidamente equipados para estudo de processos físicos. Neste sentido, mapas detalhados de solos, em escalas adequadas às dimensões dessas bacias, são fundamentais, pois contribuem, entre outras coisas, em estudos de modelagem hidrológica.

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento detalhado dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho, na escala de 1:25.000.

Material e métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica experimental do Rio Buriti Vermelho localizada na porção sudeste do Distrito Federal (15°53'30" e 15°55'56" de latitude sul; 47°23'32" e 47°25'53" de longitude oeste). É o afluente principal do Rio Estreito que, por sua vez, deságua no Rio Preto que é o maior afluente do Rio Paracatu pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Trabalhos de escritório e de campo

O trabalho de campo é uma das principais etapas de um levantamento consistente de características pedológicas, além de validar as informações e interpretações dos resultados adquiridos em laboratório. Na Bacia do Rio Buriti Vermelho os pontos de amostragem dos solos foram previamente definidos em escritório de acordo com o mapa geomorfológico do Buriti Vermelho, (CASTRO et al., 2009). Com base nesse mapa, plotou-se uma malha de pontos distribuídos espacialmente na bacia, onde posteriormente foram realizados procedimentos de observação em campo para a caracterização de unidades de mapeamento baseados nos critérios de cor, vegetação, relevo e análise de paisagem. Os limites do mapa geomorfológico auxiliaram nas coletas, bem como para delimitar os limites das unidades pedológicas.

Em cada unidade de observação foram descritos e coletados 15 perfis complementares nas profundidades (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100 e 100-120 cm) com trado holandês (CLAESSEN, 1997), totalizando 15 perfis complementares. Foram também descritos cinco perfis representativos, um para cada unidade de mapeamento encontrada.

Análises de laboratoriais

As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Química Analítica e Física dos Solos da Embrapa Cerrados, onde foram determinados: C, pH KCl, pH H₂O, Δ.pH, Ca + Mg, K, H + Al, Al, H, SB (Soma de bases) = Ca+Mg+K, T = SB+H+Al (capacidade de troca catiônica), V%=100. S/T (saturação por bases), m%= Al/S+Al×100 (saturação por Al), P, e análise textural, segundo procedimentos do Manual de Métodos de Análise de Solo (CLAESSEN, 1997).

Resultados obtidos

Foram caracterizadas cinco unidades de mapeamento, segundo normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006): CXd₁ – Cambissolo Háptico Tb distrófico A moderado textura argilosa relevo plano a suave ondulado fase Cerrado Campo Sujo; LVd₁ - Latossolo Vermelho Distrófico A moderado textura argilosa fase Cerrado Sentido Restrito relevo plano; LVd₂ - Latossolo Vermelho Distrófico A moderado textura muito argilosa fase Cerrado Sentido Restrito relevo suave ondulado; GXbd₁ – Gleissolo Háptico Tb Eutrófico A moderado textura argilosa relevo plano a suave ondulado fase Mata de Galeria; e LVAd₁ - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A moderado textura muito argilosa fase Cerrado Sentido Restrito relevo suave ondulado (Figura 1).

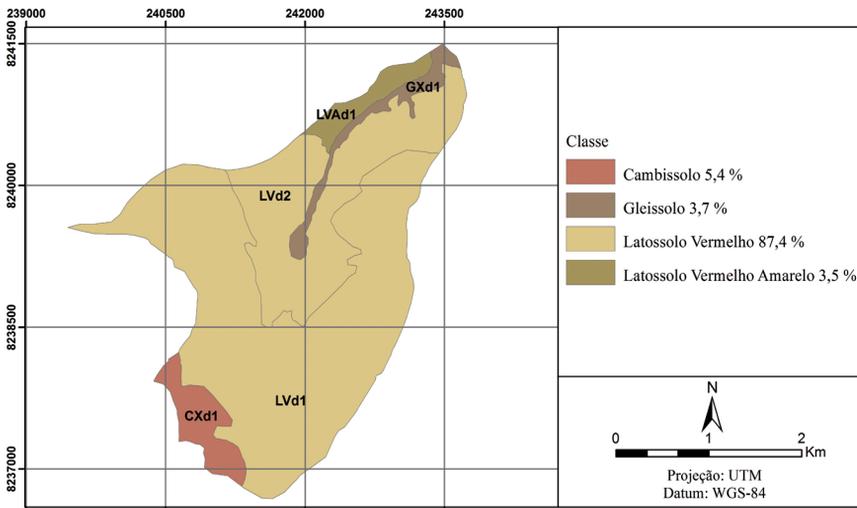


Figura 1. Mapa de solos da bacia hidrográfica experimental do Rio Buriti Vermelho-DF na escala de 1:25.000.

Conclusão

Na bacia do Buriti Vermelho foram caracterizadas cinco unidades de mapeamento representadas: Latossolo Vermelho (87,4%), Latossolo Vermelho-Amarelo (3,5%), Cambissolo (5,4%) e Gleissolo Háplico (3,7%). Observa-se que 91% da área da bacia são constituídos por Latossolos, sendo, assim, importante a adoção de práticas de manejo conservacionista com vista ao aumento da recarga dos aquíferos, e consequente vazão do rio no período de estiagem.

Referências

- CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; LIMA, L. A. S.; RODRIGUES, L. N. **Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho-DF**, Distrito Federal, DF. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2009. 23 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa, 244).
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos,1).
- FREITAS-SILVA F. H.; CAMPOS J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: DISTRITO FEDERAL (Brasil). Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, DF, 1998. 1 CD-ROM.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

Análise comparativa entre estimativa de perda de solos e ocorrências de erosão: estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ

Comparative analysis between estimated soil loss and occurrence of erosion: a case study in Guapi-Macacu watershed, RJ

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo¹; Dayse Thompson²;
Friederike Elisa Naegeli de Torres³;
Raoni Naziazeno Mendonça¹

Resumo

Neste trabalho são analisados os resultados da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos para estimativa da perda de solos por erosão hídrica na Bacia do Rio Guapi-Macacu, RJ, e comparados ao mapeamento de áreas erodidas realizado com informações de imagens aéreas, orbitais e de visitas a campo. Os resultados mostraram que as perdas de solo estimadas apresentam uma relação positiva com os tipos de erosão hídrica do solo, assumindo valores crescentes na medida em que o tipo de erosão evolui de laminar para sulcos, ravinas e voçorocas.

Termos para indexação: erosão dos solos, equação universal de perda de solos, EUPS, tipos de erosão.

Abstract

This paper presents soil loss estimation in the watershed of Guapi-Macacu river, RJ, result of applying the Universal Soil Loss Equation, and compares

¹ Embrapa Solos, elaine.fidalgo@embrapa.br, raonito@gmail.com

² Instituto Militar de Engenharia, daysethompson20@gmail.com

³ Universidade de Liepzig, Alemanha, fnaegeli@gmx.net

them to erosion areas mapped using aerial and orbital images and field information. The estimated soil losses present some relation to the type of erosion, observing increasing values associated to more severe type of erosion, from sheet to rill and gully.

Index terms: soil erosion, universal soil loss equation, Usle, types of erosion.

Introdução

Diferentes formas de erosão hídrica podem ser observadas na paisagem. A erosão laminar, mais dificilmente percebida, é caracterizada pelo escoamento superficial da água que se distribui pelas encostas de forma dispersa, não se concentrando em canais. A erosão linear, também denominada de erosão em sulcos ou em canais, é bastante visível no campo, sendo resultado da concentração de fluxos que se desenvolvem em sulcos. Com a evolução do fluxo linear e alargamento dos sulcos, formam-se as ravinas e, tendo continuidade o processo, estas podem chegar a um estágio avançado de evolução, dando origem às voçorocas.

A perda de solos e os processos erosivos podem ser estudados e simulados mediante a utilização de modelos de predição de erosão e de produção de sedimentos. Vários modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de facilitar a compreensão desses processos. O modelo empírico mais conhecido e utilizado para estimativa de taxas de perda de solo por erosão hídrica é a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), desenvolvida em 1954 em National Runoff and Soil Loss Data Center (Purdue University, USA), e posteriormente revisada por Wischmeier e Smith (1965) citados por Weill e Pires Neto, 2007 e Wischmeier e Smith (1978).

Neste trabalho, os resultados da aplicação da EUPS para estimativa da perda de solos por erosão na Bacia do Rio Guapi-Macacu, RJ, foram comparados ao mapeamento de áreas erodidas realizado com informações de imagens aéreas e orbitais e de visitas a campo, tendo, como objetivo, analisar a relação entre a perda de solo potencial estimada e a ocorrência de diferentes tipos de erosão.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu (BHRGM), na Baía de Guanabara, com aproximadamente 1.256 km², abrangendo os municípios de Cachoeiras de Macacu e parte dos municípios de Itaboraí e Guapimirim, no Estado do Rio de Janeiro. A BHRGM é caracterizada por um relevo muito diversificado partindo de áreas planas, no nível do mar, até regiões serranas, com declividades acentuadas e altitudes que ultrapassam os 2.000 m.

O método empregado foi desenvolvido em três etapas:

- **Primeira etapa.** A estimativa de perda de solos anual para a área da bacia foi realizada utilizando um módulo do programa InVEST (TALLIS et al., 2012), que emprega a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) para a estimativa da perda de solo anual e sua espacialização. A descrição do método empregado para o desenvolvimento desta etapa foi descrito por Thompson e Fidalgo (2013).
- **Segunda etapa.** O mapeamento das áreas erodidas foi realizado a partir da interpretação visual e delimitação dessas áreas em fotografias aéreas de 2005 e em imagens disponíveis no Google Earth de 2010 e 2012. O mapeamento foi complementado e conferido com informações obtidas em levantamentos de campo realizados em diferentes períodos durante o ano de 2011. Neste levantamento, três diferentes tipos de erosão foram diferenciados visualmente: a) erosão laminar, b) erosão em sulcos (de pequena largura e profundidade), c) erosão em ravinas (aprofundamento dos sulcos, com máximo de 0,5 m de largura e profundidade) e d) voçorocas (de maior largura e profundidade).
- **Terceira etapa.** Os valores estimados de perda de solo foram integrados para cada polígono de área erodida. Considerando que o mapa de perda de solos é um dado em formato *raster*, e que os polígonos de área erodida se sobrepõem a várias células desse *raster*, utilizou-se a ferramenta de estatística zonal presente no programa ArcGIS para o cálculo da média de perda de solos, em ton.ha⁻¹.ano⁻¹, referentes a cada polígono. As médias de perda de solo considerando cada tipo de erosão (laminar, sulcos, ravinas e voçorocas) foram comparadas duas a duas, empregando o teste *t*. Também foram realizadas duas análises, uma para todos os polígonos mapeados e outra somente para os polígonos confirmados em levantamento de campo.

Resultados obtidos

Os resultados obtidos baseiam-se em 670 áreas erodidas identificadas em imagens e 575 áreas observadas em campo. Observa-se na Figura 1 que os valores das médias de perda de solos estimadas pela EUPS são menores nas áreas em que ocorre erosão laminar, se elevam nos casos de erosão em sulcos e ravinas, e atingem valores máximos para as voçorocas. O teste *t* mostrou resultados significativos em nível de 5% ao comparar as médias de erosão laminar x erosão em sulcos, erosão laminar x ravinas, erosão laminar x voçorocas, ravinas x voçorocas. Esses resultados do teste *t* se repetiram para os dois grupos de amostras: verificadas em campo e todas as mapeadas.

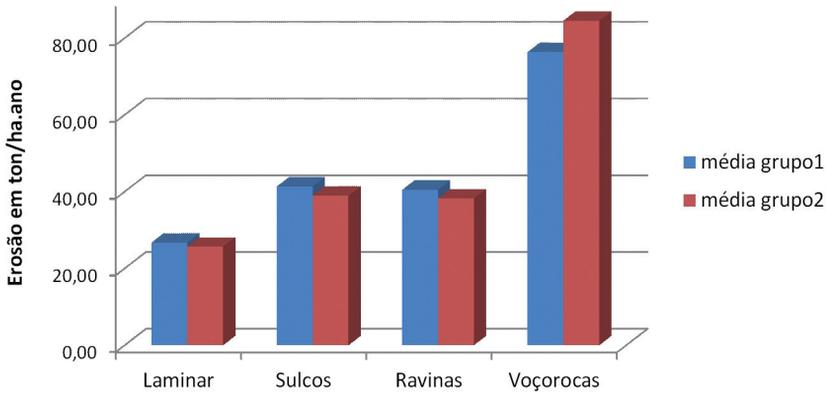


Figura 1. Médias calculadas considerando a análise de dois grupos de amostras: grupo 1: áreas de erosão verificadas em campo; e grupo 2: todas as áreas de erosão mapeadas.

Considerações finais

Esses resultados mostram que, em geral, as perdas de solo por erosão estimadas através da USLE apresentam uma relação positiva com os tipos de erosão hídrica observados em campo, assumindo valores crescentes na medida em que o tipo de erosão evolui de laminar para sulcos, ravinas e voçorocas. Os resultados não significativos da perda de solos estimada para áreas de erosão em sulcos comparada a áreas de ravinas e de voçorocas podem ser devidos à dificuldade em identificar e delimitar a erosão em sulcos em imagens e em campo, uma vez que muitas vezes ela ocorre associada a outros tipos de erosão. Outras análises serão realizadas visando explorar melhor os dados levantados em campo.

Referências

- WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. P. Erosão e assoreamento. Cap. 04. In: SANTOS, R. F. dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, DF: MMA, 2007.192 p.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington D.C: Usda, 1978. (United States Department of Agriculture. Agriculture handbook, 537.)
- TALLIS, H.; RICKETTS, T., GUERRY, A.; WOOD, S.; SHARP, R. **InVEST 2.3.0 user's guide: interated valuation of environmental services and tradeoffs.** 2012. Disponível em: <<http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>>. Acesso em: 27 nov. 2012.
- THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. **Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa da perda de solos na bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. (Boletim de Pesquisa, no prelo).

Índice de autores

A

Accioly, L. J. de O. 137
Alcântara, H. M. de 160
Amorim, J. R. A. de 36, 174
Andrade, R. G. 27, 31, 102, 122, 107, 126
Aragão, R. de 36, 174

B

Ballester, M. V. R. 122
Basso, L. H. 41, 117, 179

C

Carvalho, M. P. 112
Carvalho, N. C. 112
Correia, J. de S. 117
Costa, C. F. G. da 98
Creão, L. G. C. 88
Cruz, M. A. S. 36, 137, 174
Cunha, J. E. de B. L. 160

D

Dubreuil, V. 146

E

Evangelista, S. R. M. 46

F

Felizzola, J. F. 88, 93, 98, 137, 170
Ferraz, R. P. D. 146
Fidalgo, E. C. C. 69, 137, 187
Figueiredo, R. de O. 21, 88, 93, 98, 137

Fritzsons, E. 137

Furlan, D. N. 122

G

Galvão, C. de O. 160
Gerhard, P. 98, 170
Gonçalves, A. O. 69
Gondim, R. S. 46, 59

H

Hamada, E. 64

K

Künne, A. 69, 152

L

Leivas, J. F. 21, 102, 107, 126
Losekann, M. E. 112
Luiz, A. J. B. 59

M

Magalhães, C. 83
Magalhães, C. A. de S. 137
Maia, A. de H. N. 46, 59, 64
Marigo, A. L. S. 112
Martins, E. de S. 183
Mendonça, L. C. 174
Mendonça, R. N. 187
Mota, P. V. M. da 36

N

Neu, V. 93, 98

O

Oliveira Junior, R. C. de 137
Osuna, V. E. R. 152

P

Padovani, C. R. 137
Paiva, M. H. R. de 152
Palhares, J. C. P. 137
Pantaleão, S. de M. 174
Passo, D. P. 183
Paz, A. R. da 27, 31
Penedo-Julien, S. 69, 152
Pimentel, J. dos P. 93
Prado, R. B. 69, 131, 137, 152

R

Ramos, C. M. C. 41, 117, 179
Reatto, A. 183
Ribbe, L. 152
Rieger, F. A. 83
Rodrigues, L. N. 77, 137, 141, 183
Roston, D. M. 165

S

Sampaio, F. G. 112
Santos, R. M. F. dos 165
Schuler, A. E. 69, 77, 137, 152
Silva, A. G. da M. F. e 83
Silva, D. C. 93

Silva, M. S. G. M. e 112
Silva, R. R. de S. 36
Simões, M. G. 146
Sonoda, K. C. 112

T

Taveira, I. M. L. de M. 160
Teixeira, A. H. de C. 102, 107
Thompson, D. 187
Torresan, F. E. 21
Torres, F. E. N. de 187
Torres, T. Z. 77
Turetta, A. P. D. 69, 131, 137

V

Vargas, L. M. P. 137
Viana, J. H. M. 137
Viana, J. L. 83
Victoria, D. de C. 27, 31, 102, 107, 122,
126

W

Watrin, O. dos S. 98

Z

Zimback, C. R. L. 41, 117, 179
Zolin, C. A. 83
Zuccari, M. L. 21



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



978-85-7035-368-9



CGPE 11494