

AValiação DO ESTÁGIO DA INTEGRAÇÃO GEOPROCESSAMENTO - RECURSOS HÍDRICOS

Nabil J. Eid¹ e Néstor A. Campana²

Resumo - O potencial de utilização das técnicas do geoprocessamento ainda constituem, para a maioria dos técnicos vinculados aos recursos hídricos, uma incógnita. Neste trabalho descreve-se algumas dessas potencialidades, particularmente aquelas que se encontram operacionais, relacionando-as ao estágio de seu desenvolvimento no Brasil e enfatizando a integração dos sistemas de informações geográficas com os modelos hidrológicos e de gestão dos recursos hídricos.

Abstract - The potential use of geoprocessing techniques still constitute, for most of the technicians linked to the water resources, an incognito one. The paper describes some of those potentialities, particularly the ones meet operational, relating them to the apprenticeship of its development in Brazil. Moreover, it is emphasized the integration of the of geographical information systems with the hydrological and water resources management models.

Palavras-Chave - Geoprocessamento; Modelos Hidrológicos; SIG

^{1,2} Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos - Depto. Eng. Civil/Faculdade de Tecnologia/Universidade de Brasília. Campus Universitário, Asa Norte, 70910-900 Brasília - DF.

¹ njeid@unb.br

² mnestor@unb.br

INTRODUÇÃO

O geoprocessamento aqui entendido está representado pela integração das técnicas de aquisição e processamento de imagens digitais de diversificados sensores remotos, com sistemas de informações geográficas (SIG). Esse, entretanto, constitui apenas um primeiro nível de integração relevante à hidrologia e aos recursos hídricos. A integração última está no estabelecimento da união do geoprocessamento com os modelos hidrológicos e de gestão desses recursos, o que ainda está por se realizar de forma ampla. A seguir efetua-se avaliação do estágio em que se encontra essa integração, exemplificando o potencial de utilização das técnicas de geoprocessamento.

AQUISIÇÃO DE DADOS

A grande restrição citada por Engman (1996) e Rango e Shalaby (1998), ao avanço da hidrologia, reside na aquisição de dados confiáveis. Essas manifestações são endossadas por instituições como o Conselho Nacional de Pesquisas (NRC) dos EUA, a Organização Meteorológica Mundial (OMM), UNESCO e o Conselho Científico Internacional (ICSU).

Para Engman (1996) o futuro da hidrologia depende em grande medida da disponibilidade de dados adequados para a construção e validação dos modelos hidrológicos, papel que o sensoriamento remoto pode e deve representar. São três as razões enumeradas por Rango e Shalaby (1998) que apoiam a aquisição de dados por meio dos sensores remotos:

- a habilidade de adquirir dados espacializados em lugar de observações pontuais;
- o potencial para obter dados sobre o estado da superfície terrestre em grandes extensões; e
- a habilidade para, baseado nos registros dos sensores, permitir a reconstrução de séries históricas.

A descrição dos procedimentos empregados por diversos autores para tornar operacional a aquisição de dados e informações hidrológicas, por meio do sensoriamento remoto, pode ser encontrada em Rango e Shalaby (1998). Esses autores apresentam ainda discussão sobre a conceituação de operacionalidade dessas técnicas.

Diversas aplicações operacionais ao redor do globo, para a aquisição de dados de *precipitação*, são mencionadas por Rango e Shalaby (1998), que indicam ser as imagens na região do espectro do visível e do infravermelho as mais utilizadas para essa finalidade. O imageamento com microondas passivo e por meio de radares baseados no solo constituem formas adicionais de aquisição desses dados.

Ainda no que se refere à precipitação, no Brasil várias aplicações encontram-se em estado operacional ou próximas a isso. A nível nacional (e internacional, contemplando a América do Sul), a Divisão de Meteorologia por Satélites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE está por tornar operacional a técnica derivada da utilização dos dados do radar meteorológico Doppler instalado em Bauru/SP e do satélite GOES-8 para estimar a precipitação (Oliveira et al. 1999). Também a nível nacional, a

Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL obtêm de 170 plataformas de coleta de dados (PCD), com transmissão pelo Satélite Brasileiro de Coleta de Dados SCD2, dados e informações hidro-meteorológicas, as quais são disponibilizadas na Internet, e são utilizadas para estabelecer sistema de alerta (Rodrigues et al. 1999). Na região metropolitana de São Paulo/SP, sistema de alerta contra enchentes baseia-se em rede de estações telemétricas e em radar meteorológico instalado na barragem da Ponte Nova (Braga et al. 1995).

A estimativa da *umidade do solo* por meio do sensoriamento remoto, segundo Rango e Shalaby (1998) tornou-se operacional em apenas poucas oportunidades. Isso se deve principalmente à interferência da nebulosidade, ao basear essa aquisição nas faixas do espectro visível, infravermelho e termal. Maiores expectativas residem no uso dos sensores de microondas ativos e passivos que não são afetados pela nebulosidade e possuem a capacidade de penetrar no perfil do solo. A operacionalização da estimativa da umidade do solo ainda requer pesquisas e poderá vir a contemplar a utilização de dados de mais de um tipo de sensor.

No Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade de Brasília, os autores encontram-se envolvidos com trabalho de pesquisa que busca identificar a resposta espectral dos solos da região do cerrado, a diferentes conteúdos de umidade, na região do espectro do visível e do infravermelho.

O apoio do sensoriamento remoto para a prospecção de *água subterrânea* é obtido por meio da interpretação de elementos relacionados à paisagem provenientes de sensores operando na faixa do visível, infravermelho e de microondas (Rango e Shalaby, 1998). As aplicações operacionais mais relevantes estão localizadas em regiões desérticas, e na Índia, onde esses autores relatam que o mapeamento por meio de seu satélite de sensoriamento remoto (IRS) permitiu dobrar a taxa de sucesso na localização de água quando da perfuração de poços.

Vários intentos para estimar a *evapotranspiração* foram realizados, com potencial para se tornarem operacionais (Rango e Shalaby, 1998). Certamente a experiência de maior êxito foi a que permitiu obter o balanço de radiação terrestre empreendido pela NASA, com lançamento de satélite específico para tal fim. Dados do balanço de radiação foram coletados no período de novembro de 1984 a fevereiro de 1990 pelo projeto "The Earth Radiation Budget Experiment (ERBE)", com resolução espacial de 2,5 graus terrestres e temporal diária, cobrindo toda a superfície do globo, os quais, de forma indireta, permitem estimar a evapotranspiração. Maiores informações sobre o projeto da NASA podem ser obtidos em Kibler (1999).

De acordo com Ávila et al. (1999), a caracterização do *uso do solo* constitui um dos aspectos mais estudados, juntamente com a *caracterização fisiográfica* das bacias hidrográficas, com aplicação operacional no geoprocessamento. Tais procedimentos são o resultado da interpretação de imagens de sensores remotos, que ademais permitem realizar o monitoramento das coleções de água.

Outros exemplos de aplicações exitosas da utilização do sensoriamento remoto no manejo dos recursos hídricos, processados em ambiente de SIG, são descritos por Schultz (1997): extensão de série mensal de dados de vazão em Ghana, para o projeto de

reservatório com insuficiência de dados; monitoramento e controle do assoreamento de reservatório na Alemanha utilizando eco-batímetro; e previsão e controle de enchentes na Alemanha baseando-se em radar meteorológico instalado no solo.

Pelo apresentado pode-se concordar com Rango e Shalaby (1998), segundo os quais as dificuldades para incorporar as aplicações do sensoriamento remoto na operacionalização da hidrologia, são, em essência, de natureza financeira e não propriamente tecnológica.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS RECURSOS HÍDRICOS

A incorporação de funções direcionadas à hidrologia e os recursos hídricos, tais como a manipulação de modelo numérico do terreno com a habilidade de extrair características fisiográficas e representativas do fluxo (matriz de direção e de acumulação do fluxo e em consequência a delimitação da rede de drenagem e das bacias de drenagem), caracteriza parcialmente a funcionalidade que os SIG's podem representar para o avanço dessa ciência.

Segundo Baumgartner e Apfl (1996) as etapas para a solução de um problema hidrológico por meio da integração do geoprocessamento com modelo hidrológico, e ainda avaliar a adequação dos dados adquiridos por meio do sensoriamento remoto, consistem em:

- reconhecer o problema hidrológico específico;
- medir as variáveis necessárias ao modelo por meio de sensores remotos e por métodos convencionais;
- projetar o sistema de informações geográficas definindo-se os planos de informação, atributos, etc.;
- projetar o banco de dados para o manejo de todos esses dados;
- processar os dados utilizando técnicas como o processamento de imagens, análises espaciais em SIG, análises de regressão e correlação, etc., a fim de se obter as variáveis requeridas pelo modelo;
- selecionar ou construir modelo hidrológico adequado ao problema;
- introduzir as variáveis no modelo, e realizar os cálculos e análise dos erros; e
- comparar os resultados calculados pelo modelo ao empregar os dados de sensores remotos e coletados por métodos convencionais (determinar a precisão, atualizar os cálculos efetuados pelo modelo, calibrar o modelo, etc.).

As formas de integração dos SIG's com os modelos hidrológicos são sumariadas por Kopp (1996):

- modelagem hidrológica baseada no próprio SIG, isto é, baseando-se apenas nas funções presentes no SIG são gerados os resultados do modelo, o que, no estágio atual de desenvolvimento dos SIG's permite modelar apenas processos simplificados;

Como exemplo de integração desse primeiro tipo tem-se a habilidade da maioria dos SIG's de permitir a geração do mapa do potencial de erosão do solo aplicando-se a

fórmula universal de perdas de solo-USLE, por meio do processamento de modelos digitais de elevações (interpolação da erosividade e erodibilidade pontual, e do modelo numérico do terreno), da interpretação de produtos de sensores remotos, e da álgebra entre os mapas gerados. O trabalho de Baptista (1997) pode ser considerado um representante desse tipo de integração, em que foi utilizado o SIG IDRISI, versão para Windows, da Clark University.

- construção de pré e pós-processadores que permitam efetuar a conversão dos dados entre o SIG e o modelo (e vice-versa). Este é o procedimento mais comum de implementação da integração modelo hidrológico - SIG;

Destaca-se para representar essa forma de integração o desenvolvimento recente realizado no centro de pesquisas em recursos hídricos da Universidade do Texas (CRWR-UT), onde um pré-processador (HEC-PrePro v.2.0), constituído por uma série de rotinas e controles implementados no SIG ArcView da ESRI, processa o modelo numérico do terreno e, dados os números de curva do modelo do serviço de conservação de solos americano (SCS-USDA), extrai as informações requeridas pelo sistema de modelação hidrológica (HMS) do centro de engenharia hidrológica do corpo de engenheiros do exército americano (HEC-USACE). Este calcula, a exemplo do HEC-1, do qual é sucessor, o hidrograma em qualquer local da rede de drenagem delineada pelo pré-processador (Oliveira et al., 1998).

- a terceira e mais poderosa forma de integração consiste em embutir o código fonte de um programa no código do outro, o que requer apreciável esforço de programação.

Para Kopp (1996), ainda que essa forma de integração seja a desejável pelo usuário, que passaria a operar um sistema totalmente integrado, desenvolvedores de SIG genéricos encontrariam grandes dificuldades para a criação e manutenção (atualização) de um sistema desse porte. Passado pouco tempo após essas colocações de Kopp, encontra-se disponível software integrado de sistema de informações geográficas e de gerenciamento dos recursos hídricos. Esse é o resultado da integração do modelo da família MIKE, do instituto dinamarquês de hidráulica (DHI), com o SIG ArcView, resultando no software MIKE BASIN. Tal integração foi realizada por meio de interface gráfica com o usuário (GUI), com a devida inserção dos códigos fonte do software de gerenciamento dos recursos hídricos no de sistema de informações geográficas, preservando dessa forma as habilidades do SIG e acrescentando as funcionalidades requeridas para realizar tal gerenciamento. Maiores informações quanto ao software em questão podem ser obtidas em DHI (1999).

Também merece destaque o surgimento, em meados dos anos 80, do software ILWIS - Integrated Land and Watershed management Information System - desenvolvido pelo instituto internacional para o levantamento aeroespacial e as ciências da terra (ITC), da Holanda, com o objetivo de se constituir em instrumento flexível de integração entre sistema de informações (geográficas) e modelos de gerenciamento dos recursos hídricos (Valenzuela, 1988).

Sem dúvida, modelos integrados para solucionar problemas específicos foram e serão desenvolvidos, mas não representam a solução desejada de permitir a integração

requerida por um usuário genérico que possui ou detêm o conhecimento de um dado conjunto de programas. Nesse sentido, e dadas as dificuldades para a implementação da terceira forma de integração, mais consistente, Kopp (1996) vislumbra as seguintes perspectivas para o estabelecimento de uma integração genérica:

- estabelecimento e generalização de padrões de transferência de dados espaciais;
- desenvolvimento e implementação de interfaces de programação de aplicativos;
- estabelecimento de padrões de interoperabilidade e comunicação entre os programas aplicativos; e
- desenvolvimento de programas aplicativos de constituição modular que se apoiem em protocolos de comunicação padronizados.

Finalmente, Kopp (1996) conclui que ainda que esses procedimentos e padronizações não levem a substanciais ganhos de produtividade quando a tarefa podia ser anteriormente realizada por procedimentos de importação e exportação (a exemplo do sugerido por Baumgartner e Apfl, 1996), proporcionarão meios para apresentar a informação de forma integrada, com a possibilidade de se atuar em um único "documento" com menus diferenciados em função do aplicativo ou módulo em execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, C.J.C.P., Assad, E.D., Verdesio, J.J., Eid, N.J., Soares, W. & Freitas, M.A.V. de (1999) - Geoprocessamento da Informação Hidrológica. In: M.A.V. de Freitas (ed.) - O Estado das Águas no Brasil - 1999. ANEEL/SRH/OMM. Brasília.
- BAPTISTA, G.M.M., (1997) - Diagnóstico Ambiental da Perda Laminar de Solos, no Distrito Federal, por meio do Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado, publicação MTARH.DM-001A/97. MTARH /ENC/ Universidade de Brasília.
- BAUMGARTNER, M.F. & Apfl, G.M. (1996) - Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 41, n.º 4, pp 592-607.
- BRAGA, B.P.F., Massambani, O., Palos, J.C.F., Barros, M.T.L., Pisani, A., Nakayama, P.T., Barreto, M., & Boani, J. (1995) - Flood Control: The Role of Flood Warning System in the Metropolitan Region of São Paulo. In: Proceedings of the III International Symposium on Hydrological Applications of Weather Radars. São Paulo, 20-23 agosto, pp 28-41.
- DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (1999) - MIKE BASIN - a Tool for River Basin Planning and Management. In: <http://www.dhi.dk/mikebasin/index.htm>
- ENGMAN, E.T. (1996) - Remote Sensing Applications to Hydrology: Future Impact. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 41, n.º 4, pp 637 - 647.
- KIBLER, J.F. (1999) - The Earth Radiation Budget Experiment (ERBE). In: <http://asd-www.larc.nasa.gov/erbe/ASDerbe.html>
- KOPP, S.M. (1996) - Linking GIS and Hydrological Models: Where We Have Been, Where We Are Going? In: K. Kovar & H.P. Nachtnebel (ed.) *HydroGIS 96: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management*. IAHS publ. no. 235.
- OLIVEIRA, F., Reed, S. & Maidment, D. (1998) - HEC-PrePro v. 2.0: An ArcView Pre-Processor for HEC's Hydrologic Modeling System. ESRI User's Conference. July 25-31. San Diego, CA/ USA.
- OLIVEIRA, J.L. de, Ferreira, N.J. & Bomfim Júnior, A. (1999) - Estimativas de Precipitação Derivadas de Imagens do Satélite GOES-8 e de Radar Meteorológico Doppler. In: <http://www.met.inpe.br/webdms/www/pub-html/person/precip1.html>
- RANGO, A. & Shalaby, A.I. (1998) - Operational Applications of Remote Sensing in Hydrology: Success, Prospects and Problems. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 43, n.º 6, pp 947 - 968.
- RODRIGUES, M.S., Guimarães, V.S., Oliveira, E. de, Silva, J.J. da, Calde, J. & Oliveira, A.M. (1999) - Aquisição Automática de Dados em Hidrologia. In: M.A.V. de Freitas (ed.) - O Estado das Águas no Brasil - 1999. ANEEL/SRH/OMM. Brasília.
- SCHULTZ, G.A. (1997) - Use of Remote Sensing Data in a GIS Environment for Water Resources Management. In: M.F. Baumgartner, G.A. Schultz & A.I. Johnson (ed.): *Remote Sensing and Geographic Information Systems for Design and Operation of Water Resources Systems*. IAHS publ. no. 242.
- VALENZUELA, C.R., (1988) - ILWIS Overview. *ITC Journal*, 1988-1.