

AQUISIÇÃO DE DADOS ESPACIAIS E ACESSO A NOVAS TECNOLOGIAS PARA ESTUDOS HIDROMETEREOLÓGICOS

Mirna Karla Amorim da Silva
Universidade Federal de Uberlândia/UFU
mirna_karla@yahoo.com.br

Roberto Rosa
Universidade Federal de Uberlândia/UFU
rrosa@ufu.br

A CLIMATOLOGIA E AS NOVAS TECNOLOGIAS

Resumo

O estudo do meio ambiente está voltado para os diferentes problemas que envolvem a utilização dos recursos naturais, visando a ocupação e preservação das bacias hidrográficas. Os estudos hidrometeorológicos se destacam por sua relevância junto à gestão e monitoramento de bacias hidrográficas. É neste sentido, que o objetivo desta pesquisa reflete na busca e avaliação de dados e tecnologias para estudos hidrometeorológicos capazes de auxiliar a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (BHRP), através da busca de quais instituições e como estas disponibilizam estes dados, assim como da busca por geotecnologias existentes mais adequadas. A BHRP situa-se em uma área potencialmente ameaçada e requer uma gestão de seus recursos naturais para sua preservação. Instituições como a ANA e o INMET disponibilizam uma série de dados que podem ser utilizados em estudos hidrometeorológicos. Aliado a esse fator, a modelagem ambiental é apontada como uma tecnologia relevante no auxílio a estes estudos e a gestão de bacias. Com o uso dos dados disponíveis e das tecnologias pesquisadas é possível realizar análises e tomar ações com vistas a gerir os recursos naturais presentes na BHRP, assim como nas demais bacias do território.

Abstract

The study of the environment is faced to different problems involving the use of natural resources, aiming the occupation and preservation of watersheds. The hydrometeorological studies stand out for their relevance with the management and monitoring of watersheds. In this sense, the objective of this research reflects the search and evaluation of data and technologies for hydrometeorological studies that can assist the management of Paranaíba River Basin (PRB), through the search of which institutions and how they provide these data, as the search for more suitable existing geotechnologies. The PRB is located in an area potentially threatened and it requires a management of its natural resources for their preservation. Institutions such as ANA and INMET provide a series of data that can be used in hydrometeorological studies. Allied to this factor, environmental modeling is suggested as a relevant technology in the support to these studies and watershed management. With the use of available data and the technologies researched it's possible to perform analysis and take actions aiming at managing natural resources present in PRB, as well as in other basins of the territory.

Introdução

O estudo do meio ambiente está voltado para os diferentes problemas que envolvem a utilização dos recursos naturais, visando a ocupação e preservação das bacias hidrográficas. Estas são consideradas como referência espacial e elemento fundamental de análise dos processos dinâmicos da superfície terrestre e os problemas relacionados à modificação de suas características naturais assumem importância socioeconômica cada vez maior, segundo Chaudhry, Paiva e Reis (2004).

As bacias hidrográficas, conforme apontado por Rocha (1991), são consideradas “palcos” das deteriorações ambientais. Neste sentido, o monitoramento de bacias hidrográficas e o conhecimento de

suas características físicas são importantes para o gerenciamento adequado dos recursos naturais e a preservação dos ecossistemas.

Desta forma, uma série de dados e de metodologias de análise dos recursos naturais e planejamento da paisagem têm sido utilizadas para a conservação de bacias hidrográficas. Diversas instituições utilizam a bacia hidrográfica como unidade espacial para o desenvolvimento de estudos interdisciplinares, gerenciamento dos usos múltiplos e conservação dos elementos naturais (TUNDISI, 2005), entre elas ANA, IBGE, IGAM, DNAEE/ANEEL, CNRH, entre outras.

Neste sentido, a ação do homem sobre o meio deve ser realizada de forma a preservar os recursos existentes nas bacias hidrográficas. O uso e ocupação da terra de forma desenfreada e desordenada pelo homem refletem em sérias mudanças no meio, a exemplo da mudança na dinâmica do clima. A retirada da cobertura vegetal natural da superfície terrestre ou até mesmo a substituição dessa cobertura vegetal por diferentes tipos de uso (agricultura, pastagem, reflorestamento, etc.), a mudança do comportamento dos cursos d'água, construção de lagos e represas artificiais, entre outros, interferem na dinâmica ambiental e alteram o equilíbrio da bacia hidrográfica.

Várias ciências servem de aporte para o estudo das alterações ambientais hidroclimáticas que podem ser percebidas em estudos diversos sobre a dinâmica das bacias hidrográficas, entre elas: a Hidrometeorologia (parte da ciência hidrológica que trata da água na atmosfera), a Limnologia (trata do estudo dos lagos e reservatórios), a Hidrogeologia (trata do estudo das águas subterrâneas), etc.

Neste contexto, o gerenciamento da dinâmica das bacias hidrográficas pode ser realizado a partir da coleta e monitoramento das variáveis hídricas, da extrapolação de séries hidrológicas e climáticas, da regionalização de variáveis hidrológicas e climáticas, da avaliação do impacto da alteração do uso do solo, da avaliação de impactos extremos (cheias e estiagens), da regularização de vazão, da avaliação de processos integrados como interceptação e evaporação, entre outros.

Pensando em recursos hídricos, sabe-se que o bioma Cerrado apresenta imensa riqueza desse recurso, sendo cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: bacia do rio Tocantins, bacia do rio São Francisco e bacia do rio da Prata. Assim, o Cerrado é considerado uma verdadeira "caixa d'água" do continente sul-americano, captando águas pluviais que abastecem as nascentes que formam os rios das bacias do Amazonas, Tocantins, Paranaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai, além de abrigar ainda imensos aquíferos, entre eles o Aquífero Guarani (CBH-PARANAÍBA, 2012). Porém, mesmo com toda sua riqueza em água, somada a sua grande biodiversidade e solos, o Cerrado é considerado como um dos ambientes mais ameaçados do mundo.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (BHRP) situa-se nessa área potencialmente ameaçada. A bacia abrange em sua maior parte (cerca de 90%) áreas recobertas pelo bioma Cerrado e o restante da bacia é recoberto por áreas do bioma Mata Atlântica, área também sujeita a potencial degradação, como uma das florestas tropicais mais ameaçadas do planeta.

Aliado a esse fator de ambiente natural potencialmente ameaçado, a BHRP se destaca ainda pelo seu potencial econômico de grande diversidade (setor agropastoril, setor hidrelétrico, mineração,

turismo, lazer) sendo necessária uma gestão racional e sustentável de seus elementos naturais com vistas a manter tamanha produtividade de forma equilibrada com o meio ambiente.

É neste sentido, que o objetivo desta pesquisa reflete na busca e avaliação de dados espaciais e tecnologias para estudos hidrometeorológicos capazes de auxiliar a gestão e o monitoramento da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba. A BHRP, com uma vasta área de cerca de 220000 km², é a segunda maior bacia da região hidrográfica do Paraná. Possui grande importância ambiental e econômica na região, o que requer, para preservação e conservação dos seus recursos, que a gestão e utilização destes recursos sejam feitas de forma a garantir sua sobrevivência como sistema e habitat natural de diversas espécies. Para atingir o objetivo citado, será realizada uma pesquisa sobre os dados espaciais disponíveis (quem disponibiliza, onde e como são disponibilizados) para a área de estudo e algumas geotecnologias existentes que subsidiem a gestão da bacia hidrográfica em questão.

A água como elemento primordial para ser preservado

A água é um elemento básico da vida e, ao contrário de outros recursos, como as florestas e os solos que podem ser destruídos e revitalizados, é um recurso finito. Suas propriedades físico-químicas permitem que possa ser alterado o seu estado físico (sólido, líquido ou gasoso), mas, cada gotinha dos 1,39 bilhões de km³ de água existentes no planeta, é única e insubstituível (CLARKE e KING, 2005).

Embora seja um recurso em abundância, cerca de 97,5% do total da água existente no planeta é salgada e indisponível para uso (oceanos, mares, lagos salgados e aquíferos salinos). E, ainda, dos 2,5% restantes, que compreendem a água doce existente, mais de dois terços também se encontram indisponíveis para uso (geleiras, neve, gelos e solos congelados). Sendo assim, somente se encontram disponíveis para uso 30,5% da água doce do planeta. Deste total, 0,4% compreendem os lagos, umidade do solo, umidade do ar, zonas úmidas, rios, plantas e animais (135 mil km³) e 30,1% correspondem às águas do subsolo (10,5 milhões de km³) (CLARKE e KING, 2005).

Apesar de não se saber com certeza quando e como a água foi criada no nosso planeta, obviamente muito antes do aparecimento do homem ou qualquer outra forma de vida na terra, a sua incessante atividade iniciou e mantém-se em constante movimento, a qual é denominada de ciclo da água ou ciclo hidrológico (LEWIS, 1964).

Righetto (1998) denomina “ciclo hidrológico como o processo natural de evaporação, condensação, precipitação, retenção e escoamento superficiais, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes”.

O ciclo transcorre, de acordo com Lewis (1964), desde o momento em que

o calor do sol está constantemente evaporando a água da superfície da Terra, fazendo-a subir para o ar na forma de vapor. Este, alcançando as camadas mais frias do ar, condensa-se e se precipita sob a forma de chuva, geada ou neve. Uma parte desta água infiltra-se no solo e o resto vai para os rios, lagos e para o mar. Por fim, quase toda ela se eleva de novo para a atmosfera para iniciar um outro ciclo.

O ciclo da água, portanto, não tem fim e o seu conhecimento é essencial para o gerenciamento do uso deste recurso, já que toda a interferência em cada fase do ciclo afeta as reservas de água no planeta. Este ciclo é considerado complexo e a história de cada gota de água componente desse sistema varia consideravelmente de acordo com as condições particulares enfrentadas em todo o percurso por ela enfrentado. Assim, a contínua circulação da água em seu ciclo infinito, que se processa a partir da energia solar, mantém o balanço entre o volume de água na terra e a umidade atmosférica (PINTO et al., 1976).

Dessa forma, o ciclo hidrológico assume papel relevante no conhecimento e quantificação do volume armazenado e quantidade transportada de água no globo terrestre. Porém, deve-se levar em conta que as alterações ao meio ambiente, seja pela retirada da cobertura vegetal natural e, especialmente, pela interferência da urbanização nos processos do ciclo hidrológico, causam mudanças às características de escoamento das bacias hidrográficas e outras implicações.

Assim, é indiscutível que o uso sustentável e gestão da água devam ser realizados de forma a cuidar desse recurso e a todos os processos ligados a sua manutenção.

Dados espaciais e geotecnologias para estudos hidrometeorológicos

Os estudos hidrometeorológicos se destacam por sua relevância junto à gestão e monitoramento de bacias hidrográficas. Dentre os parâmetros utilizados para estes estudos destacam-se, de acordo com Tucci (1993): a) Climáticos: precipitação, evapotranspiração e parâmetros secundários ligados aos primeiros (radiações solares, temperaturas, umidade do ar, vento, etc.); b) Escoamento: descargas líquidas e sólidas e parâmetros secundários aos primeiros (nível de água, características da rede de drenagem, área da bacia delimitada pela rede de drenagem, velocidade, qualidade da água e dos sedimentos transportados, reservatórios naturais e artificiais); c) Meio receptor: geologia, topografia, solos, vegetação, urbanização, etc.

Todas as variáveis hidrometeorológicas e suas flutuações, ao longo do tempo e espaço, são quantificadas por meio de observações e medições executadas de acordo com padrões nacionais e internacionais. Estas observações e medições são realizadas por meio de amostragem de certo número limitado por variável, indicando com que probabilidade a mesma irá igualar ou superar certo valor de referência. Entendendo-se que a observação de amostras aleatórias não abrange todas as possíveis observações de uma variável qualquer, julga-se que esta seja representativa por estar contida na população que reúne a infinidade de todas as possíveis realizações do processo em questão, servindo como referência para estudo dos fenômenos observados (NAGHETTINI, 2007).

De acordo com Pinto e outros (1976), a aleatoriedade é intrínseca aos fenômenos hidrometeorológicos, já que a sua ocorrência é incerta, ou seja, apesar do prévio conhecimento do conjunto de todos os resultados possíveis de ocorrência, há uma probabilidade ou tendência que o fenômeno se repita sob condições inalteradas, mas não necessariamente deve ocorrer de fato. A

regularidade ou tendência de ocorrência dos fenômenos permite assim, a formulação de modelos matemáticos de previsão de resultados utilizados em diversos estudos.

Neste contexto, Naghettini (2007) ainda esclarece que as variáveis aleatórias podem ser classificadas em qualitativas ou quantitativas. Serão consideradas qualitativas quando não podem ser expressas por números e, sim, por atributos ou qualidades. Podem ser ainda expressas em nominais, quando seu resultado não é passível de ordenação, ou ordinais, quando se trata de resultado passível de ordenação. As variáveis consideradas quantitativas, por sua vez, são aquelas que podem ser expressas por números inteiros ou reais.

As variáveis hidrometeorológicas são registradas por meio de séries temporais que se caracterizam por reunir observações ou medições de determinada variável de modo seqüencial ao longo de sua ocorrência no tempo e/ou espaço. Apesar de apresentarem variações contínuas ao longo do tempo ou espaço, comumente, esses registros são separados por determinados intervalos de tempo ou espaço, fato que ocorre por limitações nos processos de medição ou observação. Mas, de forma geral, esse intervalo de tempo e/ou espaço entre as observações de uma série temporal é equidistante, embora existam séries temporais com o registro de informações tomadas em intervalos irregulares. Quando as séries incluem todas as observações disponíveis coletadas em intervalos de tempo regulares ao longo de vários anos de registro, são consideradas completas. No entanto, se algum registro for desprezado e forem consideradas apenas algumas observações ou um resumo das mesmas por meio de valores médios anuais ou mensais, as séries são consideradas reduzidas. Ao se tratar de eventos extremos, tais como máximos e mínimos, as séries reduzidas podem ainda ser classificadas em anuais, quando os registros consecutivos são realizados com equidistância de tempo, ou parciais, quando não ocorre esse registro nas mesmas condições de equidistância temporal (NAGHETTINI, 2007).

Outra característica relevante das séries hidrometeorológicas é evidenciada pelo fato de apresentarem uma tendência, periodicidade ou um 'salto' ao longo do tempo devido a fatores como variações naturais do clima ou alterações antrópicas. Assim, as séries se classificam em não estacionárias, quando as mesmas resultam de alterações ocorridas ao longo do tempo, ou estacionárias, quando suas propriedades estatísticas não se alteram ao longo do tempo e, ainda, homogêneas, quando o padrão de variabilidade dos valores observados gira em torno do seu valor médio, de forma única e idêntica, ao longo do tempo. Ao tratar-se de dados ou séries hidrometeorológicas, a análise destes deve ser realizada a partir do registro de coleta suficientemente longo e preciso para uma correta e confiável resposta aos problemas analisados.

Tucci e Braga (2003) discutem que alguns profissionais questionam o uso de séries históricas longas devido a diferentes efeitos antrópicos ou inconsistência de dados devido a diversos fatores como, por exemplo, alterações do uso do solo, construção de reservatórios, mudanças climáticas, retirada de água para usos consuntivos, etc., já que todos esses fatores devem ser analisados como condicionantes que podem alterar os dados. No entanto, o desenvolvimento de modelos matemáticos permite analisar o efeito da maioria destes fatores apontados, dentro de alguns limites de precisão.

Neste caminho, depois de conhecer um pouco sobre a natureza dos dados demonstrada, deve-se reconhecer a importância de sua aquisição para os estudos ambientais. No ano de 2000, foi apontado pela 'World Water Commission for Water in the 21st Century' que existe uma urgente necessidade de dados de estoque e fluxo de água no mundo e, constatado, que estas não são apenas necessidades acadêmicas, mas sim necessidades vitais.

Pinto e outros (1976) salientam a importância da fase de coleta de dados hidrometeorológicos, essencialmente os elementos observados e medidos no campo a partir de postos pluviométricos ou fluviométricos e sua manutenção ininterrupta ao longo do tempo, para estudos diversos.

Os dados climatológicos, pluviométricos, fluviométricos, evaporimétricos, etc., de pontos específicos de uma região, em intervalos de tempo conhecidos e sistemas de coleta padronizados, são registrados em postos ou estações que são integrantes de redes hidrométricas e/ou hidrometeorológicas. A coleta e transmissão destes dados são de grande importância para o processo de desenvolvimento das regiões a partir do conhecimento da dinâmica dos elementos presentes nesse ambiente (NAGHETTINI, 2007; GARCEZ e ALVAREZ, 1988).

O monitoramento da água, por exemplo, motivado pelo crescente avanço tecnológico, se desenvolve continuamente em todas as suas etapas nos procedimentos de coleta, transmissão e tratamento de dados, em escala global, especialmente, impulsionados pelo advento da informática e das técnicas de geoprocessamento de dados.

Magalhães Junior (2007) destaca que o monitoramento da água no país teve sua origem no início do século XX, a partir da instalação das estações do DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as Secas) e do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), além de algumas instalações ligadas a empreendimentos privados. Em 1920 o Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, a partir da Comissão de Estudos de Forças hidráulicas, começou a atuar e colaborar na geração de dados pluviométricos e energia hidroelétrica.

Inicialmente, a coleta de dados era realizada a partir de aparelhos mecânicos e, com a informatização e desenvolvimento das técnicas computacionais e estatísticas, a exemplo das técnicas de geoprocessamento, uso do Sensoriamento Remoto, dos Sistemas de Posicionamento Global, entre outras, as técnicas de medição e coletas de dados também evoluíram, passando a contar ainda com equipamentos eletrônicos cada vez mais modernos e precisos. Os avanços tecnológicos permitiram uma melhor precisão, maior alcance e maior rapidez no acesso aos dados hidrometeorológicos, seja a nível orbital (via satélites) ou para medições *in situ* (aparelhos digitais portáteis).

A forma de transmissão dos dados coletados também evoluiu no decorrer do tempo. Até a década de 1940, a transmissão dos dados a partir das estações de coleta até os usuários era realizada de forma manual. A partir de então, os dados começaram a ser transmitidos via telégrafo aos seus usuários finais e, somente por volta dos anos 1970 e 1980, foram implantadas redes de transmissão de dados utilizando o telefone como meio para tal fim, assim como o uso de sensores automáticos com transmissão de dados via telefone/rádio. Porém, devido a falhas de comunicação em condições

climáticas adversas, elevado custo de manutenção e indisponibilidade de peças para reparo no mercado, esse processo também foi substituído por outros mais modernos e eficientes.

Em 1982, as Centrais Elétricas do Norte (ELETRONORTE), começaram a utilizar uma rede de teletransmissão de dados hidropluviométricos por meio de satélites, na ocasião: Satélites Argos (Tiros e Noaa). A partir de então, a telemetria evoluiu no país. Mais exatamente, a partir de 1990, a telemetria via satélite consolidou-se no Brasil, especialmente com a utilização de Plataformas de Coleta de Dados (PCD's), e vem sendo continuamente aumentada ao longo dos anos (MAGALHÃES JUNIOR, 2007). Ainda de acordo com o mesmo autor, o tratamento dos dados coletados também passou por um processo de desenvolvimento, especialmente com o surgimento da internet que permitiu mais rápido e fácil o acesso de informações e dados aos usuários. Desde o início dos anos 70, com a informatização do DNAEE e a criação do primeiro Sistema de Informação Hidrológica no país, a evolução da informática permitiu o desenvolvimento de técnicas de tratamento de dados georreferenciados. Um conjunto de técnicas digitais representadas por sistemas automatizados de referência, codificação e representação territorial deram subsídio para o desenvolvimento e dinamização das informações hidrometeorológicas no país.

O geoprocessamento toma força a partir da década de 90, destacando alguns eixos na evolução da coleta e tratamento de dados como o Sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistemas de modelagem digital do terreno, Sistemas de conversão e modelagem de dados, Sistema de Posicionamento Global (GPS), etc., e, a partir de então, o sistema de coleta e transmissão de dados se difundiu e tornou-se cada vez mais essencial em estudos e gestão do ambiente.

No Brasil, uma das principais referências em coleta de dados hidrológicos é a Agência Nacional de Águas (ANA), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os dados disponibilizados por essa instituição são disponíveis para *download* gratuito, a qualquer usuário, por meio do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA, denominado 'Hidroweb' e disponível a partir da URL <http://hidroweb.ana.gov.br>.

O portal HidroWeb oferece um banco de dados com todas as informações coletadas pela rede hidrometeorológica [...]. Trata-se de uma importante ferramenta para a sociedade, pois os dados coletados pelas estações de monitoramento são utilizados para produzir estudos, definir políticas públicas e avaliar a disponibilidade hídrica. Por meio dessas informações, a Agência Nacional de Águas monitora eventos considerados críticos, como cheias e estiagens, disponibiliza informações para a execução de projetos, entre outros (ANA, 2012).

A ANA é responsável ainda pela implantação e gestão do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), encarregado de “coletar, organizar, criticar e difundir o banco de dados relativo aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia, provendo os gestores, os usuários, a sociedade civil e outros usuários - Lei 9.433/97” (BRASIL, 1997).

Outra instituição de acesso a coleta de dados se refere à Agritempo, um Sistema de Monitoramento Agrometeorológico que permite aos usuários o acesso, via internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros. É um sistema

desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária e pela Cepagri–Unicamp, além de contar com a parceria de diversas outras instituições colaboradoras. Os dados recebidos provêm de 912 estações meteorológicas que podem ser acessados a partir a URL <http://www.agritempo.gov.br/index.php>.

Outro órgão operacional que mantém uma rede de observação nacional é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), operado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, além do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Ministério da Ciência e Tecnologia. Os dados disponíveis podem ser acessados a partir da URL <http://www.inmet.gov.br>.

Ainda, diversas redes de menor extensão são mantidas por companhias energéticas ou de saneamento básico, entre outras, para a coleta de dados de natureza hidrometeorológica.

Porém, embora sejam coletados por instituições confiáveis e segundo normas de padronização nacional ou internacional, os dados hidrometeorológicos contém uma margem de erros oriundos de diversos fatores inerentes aos processos de observação/coleta/processamento. Os erros podem ser classificados em aleatórios, quando se referem a imprecisões de leitura ou medições, resultando em flutuações em torno de seu verdadeiro valor. Podem ainda ser sistemáticos, quando se referem a alterações de mudança na técnica de coleta de dados utilizada, calibrações incorretas, transmissão de dados, processamento, etc. E, por fim, podem ser classificados em grosseiros, quando se referem a falhas humanas na realização da observação e medição dos dados (NAGHETTINI, 2007).

Neste contexto e tomando como base as instituições que disponibilizam dos dados hidrometeorológicos à comunidade usuária, a pesquisa pela disponibilidade de dados para a BHRP é considerada satisfatória. Foram encontradas dezenas de estações de referência hidrometeorológica de instituições, a exemplo da ANA (271 Estações pluviométricas e 273 Estações fluviométricas na área da bacia) que disponibiliza dados de cota, vazão, resumo de medição de descarga líquida, perfil transversal, sedimento, chuva, qualidade da água, clima (temperatura, evaporação, insolação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica). Os dados das séries históricas, fornecidos pela ANA, consultados pra a BHRP, são disponibilizados em formato de Arquivo Acces (.mdb) e Arquivo Texto (.txt).

Outro exemplo de disponibilidade de dados encontrada para a área de estudo, foi a partir do INMET (36 Estações automáticas e 33 Estações convencionais) que disponibiliza dados de pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc., da área pesquisada. Os dados disponibilizados pelo INEMT podem ser acessados em tempo real pelo site institucional ou ainda em séries históricas a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Os dados disponíveis no BDMEP são dados diários (a partir de 1961 das estações para as quais se disponha) de precipitação, temperatura do bulbo seco, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação, direção e velocidade do vento. Os dados da série histórica, fornecidos pelo BDMEP, consultados para a

BHRP, estão disponibilizados em formato de Arquivo Texto (.txt) com possibilidade de visualização em Arquivo de Planilha do Excel (.xls).

Os dados pesquisados, a exemplo das duas instituições citadas, podem ser utilizados de forma isolada ou até mesmo conjuntamente. Entretanto, há que se considerar que a diferenciação em número, localidade, forma de armazenamento e apresentação de dados realizada por cada instituição pode exigir do usuário a necessidade de união/exclusão de informações e ajuste na formatação das mesmas para uma utilização padronizada dos dados que representem o interesse individual de cada pesquisador. Assim, de posse dos dados necessários, há que se pensar em uma metodologia de utilização dos mesmos de forma que o processo de aquisição, análise e representação seja feito de forma confiável e precisa. Nesse contexto, surgem as geotecnologias para auxiliar esse processo.

O uso das geotecnologias para o monitoramento e planejamento do uso sustentável dos recursos naturais tem se difundido cada vez mais e facilitado o desenvolvimento de estudos ambientais. Uma ampla tecnologia existente permite o uso de ferramentas e produtos capazes de facilitar e agilizar o levantamento, mapeamento e análise dos recursos naturais. O uso de *hardware* e *softwares* específicos, dados georreferenciados e mão de obra qualificada para trabalhar com essas tecnologias, permitem a aquisição e manipulação das informações espaciais a cerca dos recursos disponíveis para as mais diversas aplicações em diversos campos das ciências naturais (ROSA, 2007).

A utilização da internet para acesso a dados georreferenciados, assim como as ferramentas do Geoprocessamento que englobam o Sensoriamento Remoto, o uso dos Sistemas de Posicionamento Global (GPS), dos Sistemas de Informação Geográfica, entre outros, está cada vez mais atuante. Estes instrumentos são capazes de gerar e manipular diversos produtos (mapas, tabelas, etc.), no sentido de se conhecer e diagnosticar os recursos naturais e analisar as condições ambientais da área de estudo. A escolha da fonte de aquisição dos dados (cartas topográficas, mapas temáticos, imagens de satélite, fotografias aéreas, etc.) e a metodologia de tratamento dos dados devem acontecer de acordo com a necessidade do usuário e as características da área de estudo.

Christofolletti (1999) realça a importância do uso dos SIG's nos processos de análise espacial e modelagens. Em estudos hidrometeorológicos, especificamente, o Sensoriamento Remoto se destaca como fonte de aquisição de dados e os SIG's como ferramenta na aquisição e manipulação dos dados espaciais e/ou temporais, análises e aplicação de modelagens matemáticas. E Jensen (2009) ainda reforça a atuação da obtenção de dados por sensores remotos. O autor enfatiza que, em muitas observações pontuais é possível a obtenção de parâmetros hidrometeorológicos e posteriormente uma interpolação dos mesmos para a caracterização ambiental de determinada área. Porém, quando não se tem dados suficientes ou em escala adequada, o tratamento estatístico realizado não se torna significativo, sendo difícil obter uma informação espacial adequada. O comportamento espectral da água, por exemplo, devido a sua forma disponível (neve, lagos, nuvens, etc.) e a influência dos materiais constituintes (suspensos ou dissolvidos), também ficaram ainda mais conhecidos a partir da

década de 1990, com o advento da evolução dos espectroradiômetros com melhor resolução espectral e radiométrica (NOVO, 2008).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) são destacados como outra ferramenta importante que permite arquivar digitalmente a superfície de uma bacia hidrográfica para estudos sobre seus componentes. Constituem-se, basicamente, por uma grade digital de células quadradas, em modelo raster, onde, em cada nó, é conhecida a sua altitude (SILVEIRA, 1993).

Assim, a geotecnologias cada vez mais se difundem no sentido de aprimorar as técnicas e ferramentas de coleta, armazenamento, processamento, análise, previsão e simulação de dados espaciais e temporais para estudos na área ambiental. Neste contexto, a modelagem matemática está presente como uma das principais ferramentas utilizadas em avaliações ambientais.

Inicialmente, Chorley (1975) define os modelos como

analogias, porque são diferentes do mundo real. O uso de modelos experimentais é exemplo óbvio do objetivo geral do construtor de modelos, no sentido de reformular algumas características do mundo real em forma mais familiar, simplificada, acessível, observável, facilmente formulada ou controlável, da qual se possa extrair conclusões, que por sua vez, possam ser reaplicadas ao mundo real.

Os modelos, para Tucci (1993), podem ser classificados sob diferentes aspectos. Comumente, são classificados, dentre outras formas, de acordo com o tipo de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou conceituais), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (pontuais ou distribuídos), e a existência de dependência temporal (estáticos ou dinâmicos).

A modelagem hidrológica surge, por exemplo, no sentido de otimizar o gerenciamento dos recursos hídricos, avaliar os impactos de mudança do uso da terra e das mudanças climáticas, alertar quanto a operação de sistemas de recursos hídricos e a ocorrência de cheias, analisar a consistência e extensão de séries hidrológicas em locais com poucas informações, entre outros.

Assim, a modelagem de comportamento dos fenômenos hidrometeorológicos, de modo geral, permite testar e avaliar diferentes formulações para os processos analisados na bacia hidrográfica.

A modelagem de cenários futuros de planejamento, por exemplo, está condicionada aos parâmetros de entrada e fatores de ajuste do modelo, pois, conhecendo-se tais parâmetros e o risco de ocorrência dos mesmos é possível estimar cenários visando ao dimensionamento e/ou planejamento de alternativas de desenvolvimento para o sistema.

Os modelos de previsão e predição de vazão tratam, respectivamente, de estimativas num determinado período de tempo desta variável e a estimativa da vazão sem relação com um período de tempo definido. As previsões podem ser de curto prazo (poucas horas ou alguns dias de antecedência) ou longo prazo (1 a 9 meses de antecedência) dependendo da finalidade de sua utilização. As previsões de curto prazo podem ser utilizadas para gerenciamento de cheias, irrigação e abastecimento, etc., enquanto as de longo prazo permitem ações de planejamento de custos hidroelétricos, produção agrícola, etc.

A modelagem de variações climáticas e uso da terra, por sua vez, leva em conta que as séries históricas de vazões podem ser alteradas pela variabilidade climática e mudança do uso da terra, ou seja, retiram a estacionalidade ou homogeneidade das séries que sofrem estes efeitos.

São inúmeras as possibilidades de aplicação dos modelos de caráter hidrometeorológico e sua utilização permite análises relevantes para a gestão de bacias.

Para a BHRP o modelo MGB-IPH foi pesquisado e avaliado com boas possibilidades e indicações. O MGB-IPH é um modelo hidrológico distribuído que foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para aplicações em grandes bacias hidrográficas (área superior a 10000km²). É um modelo baseado em processos e simula o ciclo hidrológico em todas as etapas do ciclo terrestre, incluindo balanço de água no solo, evapotranspiração, interceptação, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo e escoamento na rede de drenagem. A maioria dos parâmetros é relacionada às características físicas da bacia, como topografia, tipo e cobertura vegetal do solo, e é obtida via imagens de satélite, mapas digitalizados e Modelo Digital de Elevação (MDE). Os demais parâmetros são calibrados com o uso de um algoritmo de otimização global multi-objetivo. Este modelo permite o estudo do comportamento de diferentes componentes do sistema hidrológico, sendo capaz de estimar séries de vazão a partir de dados de precipitação, prever a vazão de cheias e avaliar o seu impacto, estimar os efeitos de cenários futuros do uso da terra, alterações climáticas e uso dos recursos hídricos nas bacias em estudo, entre várias outras aplicações, no sentido de avançar as técnicas e metodologias de previsão hidrometeorológica.

No entanto, apesar de se mostrarem ferramentas importantes na gestão das bacias hidrográficas e seus recursos naturais, os modelos, segundo Chistofolletti (1999), não podem substituir as observações de campo e experimentos de laboratório, mas podem e devem servir como ferramenta de auxílio aumentando a eficiência dos mesmos e reforçando sua fundamentação de diversas maneiras, basta que seja utilizado o modelo e parâmetros adequados a cada finalidade proposta.

Conclusões

Primar pelos recursos naturais presentes na BHRP, assim como nas demais bacias federais e sub-bacias que compõem o território nacional, se faz necessário e possível com o desenvolvimento tecnológico existente e a capacidade intelectual e produtiva de diversos profissionais: geógrafos, biólogos, geólogos, hidrólogos, engenheiros florestais e ambientais, entre outros. Porém, a tecnologia não é o único caminho. Aliado à capacidade técnica e produtiva é necessário aliar a conscientização, cultura e ética com a atuação de profissionais formados em ciências humanas, como: sociólogos, advogados, cientistas sociais, comunicadores, entre outros, formando equipes multidisciplinares reguladoras e mediadoras do uso e preservação dos recursos naturais presentes na bacia.

Para o objetivo proposto, os dados disponibilizados pela ANA e pelo INMET e tecnologias disponíveis, a exemplo do modelo MGH-IPH, são satisfatórios no sentido de atender a diversos estudos que podem ser aplicados na BHRP, com vistas à gestão e preservação dos seus recursos.

De forma geral, convém ressaltar que a modelagem ambiental se coloca como uma ferramenta adicional, importante e eficiente no sentido de aperfeiçoar e auxiliar o monitoramento e gestão da bacia. A utilização dessa ferramenta e a análise dos seus resultados são de fundamental importância no conhecimento dos processos hidrometeorológicos pertencentes à bacia e a gestão desse ambiente.

Referências

- ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br> Acesso em: Junho/2012.
- BRASIL. Lei nº 9.433 – 8 de janeiro de 1997. **Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1997.
- CBH-PARANAÍBA. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Disponível em: <http://www.paranaiba.cbh.gov.br/Bacia.aspx>. Acesso em Junho/2012.
- CHAUDHRY, F. H.; PAIVA, J. B. D.; REIS, L. F. R. **Monitoramento de Bacias Hidrográficas e Processamento de Dados**/ Organizado por Fazal H. Chaudhry , João Batista Dias de Paiva; Luiza Fernanda Ribeiro Reis – São Carlos: RIMA, 2004. 326p.
- CHORLEY, R. J. **Modelos físicos e de informação em geografia**. Livros técnicos e Científicos Rio de Janeiro: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 1999. 236 p.
- CLARKE, R., KING, J. **O atlas da água** – o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. [tradução Anna Maria Quirino]. – São Paulo: Publifolha, 2005. 128p.
- GARCEZ, L. N., ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2 ed., São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1988. 291 p.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / John R. Jensen; tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)...[et al]. – São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- LEWIS, A. **Água para o mundo: problemas atuais e futuros do abastecimento de água**. Distribuidora Record: Rio de Janeiro, São Paulo, 1964.112p.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidades e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa** / Antônio Pereira Magalhães Júnior. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- NAGHETTINI, M. **Hidrologia estatística**. / Mauro Naghettini; Éber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3ª edição. São Paulo: Blücher, 2008. 363p.
- PINTO, N. L. de S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Blücher, Rio de Janeiro: Fundação Nacional de material escolar, 1976. 278p.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos** / Antônio Marozzi Righetto. – São Carlos: EESC/USP, 1998. 840p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. – Santa Maria – Edições UFSM, 1991. 181p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6ª edição. Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia: 2007. 248p.

SILVEIRA, A. L. L., Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia – Ciência e aplicação** / organizado por Carlos E. M. Tucci. – Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação** / organizado por Carlos E. M. Tucci. – Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4)

TUCCI, C. E. M., BRAGA, B. **Clima e Recursos hídricos no Brasil**. Organizado por Carlos E. M. Tucci, Benedito Braga. – Porto Alegre: ABRH, 2003. 348p.

TUNDISI, J. G.; Tundisi, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha, 2005.