

MÉTODOS QUANTITATIVOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Carlos E. M. Tucci
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ANÁLISE DOS ARTIGOS ENVIADOS

A seguir é apresentada uma síntese dos artigos enviados. A grande maioria dos artigos é descritiva sobre os diferentes aspectos quantitativos de Recursos Hídricos. A análise apresentada não busca avaliar o artigo em si, mas destacar os pontos principais que foram abordados.

1. ESTUDO DE ENCHENTES

Fábio Ahnert¹ e Maria Inês Faé

Este artigo ressalta a importância da definição dos riscos de inundação para gestão municipal da ocupação do solo. Neste sentido o estudo determina o risco de inundação da cidade de Marechal Floriano no Espírito Santo com base em dados de (i) um posto fluviométrico (41 anos); (ii) da topografia obtida através de pontos cotados de mapas existentes e um Modelo digital de terreno num Sistema Geográfico de Informação. A associação das cotas de inundação com a topografia permitiu a estimativa das áreas de riscos que variaram de 2 a 100 anos.

Na metodologia não foi considerada declividade de linha de água e não foi mencionado se existiam obstruções ao escoamento como pontes e estreitamentos. Estes elementos podem alterar os resultados para determinadas áreas da cidade.

2. O USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ

Guilherme Xavier de Miranda Junior, Alfonso Risso, Ciro Loureiro Rocha e Carlito Duarte

O estudo utilizou geoprocessamento como técnica de apoio para determinação das características físicas utilizadas na regionalização de vazões mínimas e médias. Os dados da bacia permitiram estabelecer a regionalização e a determinação da vazão específica distribuída foi calculada para várias subbacias através das funções de regionalização e dos dados físicos obtidos por geoprocessamento. Com base nestes valores foram obtidas as isolinhas de vazão mínima de 7 dias. A bacia em estudo foi a do rio Araranguá em Santa Catarina. Não foi mencionado pelos autores, mas as vazões específicas podem variar de acordo com o tamanho das bacias, portanto um mapa de isolinhas deve ser produzido para um intervalo de magnitude de bacias e corrigido seus valores para bacias menores ou maiores. A ênfase do estudo foi no uso de Geoprocessamento para obtenção de vazões utilizadas em Recursos Hídricos. Este tipo de metodologia é útil para: (i) agilizar a obtenção de resultados; (ii) reduzir erros na manipulação das informações

3. CONSISTÊNCIA DAS SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSASIS NO ÂMBITO DO SETOR ELÉTRICO

Carlos Alberto de Barros Ferreira e Luiz Guilherme Ferreira Guilhon

Os autores descrevem a metodologia utilizada pelo setor elétrico brasileiro para determinar as séries de aflúências aos reservatórios e a locais de interesse. São 532 séries de vazões mensais do período de janeiro de 1931 a dezembro de 1996, representando 421.344 anos de vazões. O artigo descreve os critérios para preenchimento e definição das séries e as inconsistências envolvidas. Estas séries são a base de definição do potencial de hidrelétrico e o artigo conclui por recomendar a definição de um rede básica de interesse energético para que seja mantida a qualidade das estimativas.

4. CÁLCULO DAS VAZÕES EVAPORADAS NOS RESERVATÓRIOS DOS APROVEITAMENTOS EM OPERAÇÃO

Luiz Guilherme Ferreira Guilhon

O artigo aborda a perda de evaporação de reservatórios hidrelétricos, apresentando a metodologia de estimativa da evaporação líquida como a diferença com relação a situação antes da construção do reservatório, ou a evaporação do lago menos a evapotranspiração pré-existente para a mesma área. O que não ficou claro é se esta mesma análise é também realizada para a precipitação direta no lago.

O artigo destaca os reservatórios onde a evaporação representa mais de 1% da vazão média de longo período. Neste caso Sobradinho tem valor superior a 7%, representando perda de vazão gerada.

5. CONTROLE DE CHEIAS POR ALGORITMOS GENÉTICOS

Luiz Sabino Neto, Marco Pacheco, Marley Vellasco e Karla Figueiredo

Os reservatórios hidrelétricos utilizam o volume de espera para controlar enchentes ao mesmo tempo que produzem energia, considerando que os dois objetivos são conflitantes. A determinação do volume de espera tem sido realizada com base nas estatísticas das séries históricas de vazões ou na geração de séries igualmente prováveis. Com base em cada série é pesquisado o volume máximo de espera necessário para um determinado sistema, considerando suas restrições operacionais. Os autores utilizaram uma técnica matemática de pesquisa baseada em algoritmo genético para esta determinação e exemplificaram com o reservatório de Água Vermelha. Os resultados, segundo os autores se mostraram promissores.

6. UTILIZAÇÃO DE SATÉLITES METEOROLÓGICOS PARA O ALERTA A INUNDAÇÕES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Graziela Balda Scofield e Íria Vendrame

O artigo relaciona os métodos de estimativa de precipitação com base na imagens de satélites meteorológicos para a estimativa da precipitação. Este tipo de procedimento apresenta atrativos importantes para a previsão em tempo real a medida que pode ser utilizado em conjunto com modelos precipitação-vazão para prever a afluência de reservatório e a previsão de níveis e vazões. São destacados os limites de resolução temporal e espacial com base no tipo de técnica e sensores. O artigo não discute a precisão dos resultados com este tipo de metodologia.

7. UHE TUCURUÍ – OPERAÇÃO DE CONTROLE DE CHEIAS NA BACIA DO RIO TOCANTINS NO PERÍODO DE DEZ/96 A JUL/97

Vania Maria Ferreira, Adrienne Barbosa e Isabela dos Reis Costalonga

O artigo descreve o sistema de previsão de afluência ao reservatório de Tucuruí, as condições de inundações ribeirinhas a jusante do reservatório. Destacou-se que o referido reservatório não possui volume de espera devido ao grande volume do hidrograma de entrada se comparado com o volume do reservatório. Desta forma o sistema, além de utilizado para alerta das condições de segurança do reservatório é também utilizado para auxiliar a Defesa Civil das Cidades. O artigo concentra-se na descrição das vazões ocorridas no período de dezembro de 1996 a julho de 1997, cheia esta ocorrida depois de um período seco e, em meses que não são típicos de enchentes.

8. INFLUÊNCIAS DO FENÔMENO EL NIÑO 1997/98 NAS USINAS HIDRELÉTRICAS DA ELETRONORTE

Isabela dos Reis Costalonga, Vania Maria Ferreira e Adrienne Barbosa

Os autores destacam inicialmente a ocorrência do El Nino e os quatro aproveitamentos da Eletronorte analisados no estudo: Samuel, Balbina, Coaracy Nunes e Tucuruí. Na análise são examinadas as séries afluentes e anos típicos de El Nino como 82/83 91/92 e o período 97/98. Os autores observaram que existe a tendência de redução das vazão afluente nestes anos, sendo que no segundo ano do fenômeno. Desta forma, as previsões de 98 de vazões afluentes aos reservatórios das UHE Balbina, Coaracy Nunes e Tucuruí são críticas para o período de cheia. O enfoque principal do artigo é análise de ocorrências do passado referente ao El Nino para prognosticar as conseqüências potenciais do ano de 1998. Esta análise poderá ser ampliada a medida que sejam utilizados outros anos deste processo além dos citados, desta forma tendo uma maior representatividade no prognóstico.

9. CONTROLE HIDRÁULICO DO RESERVATÓRIO DA UHE TUCURUÍ

Vania Maria Ferreira, Adrienne Barbosa e Isabela dos Reis Costalonga

O artigo apresenta as principais características do reservatório de Tucuruí, sua bacia hidrográfica quanto a rede de drenagem e postos hidrológicos utilizados para a previsão de cheia. Apresenta os hidrogramas de montante para a cheia de 1997, regras operacionais da Usina e critérios de alerta para jusante. Destacando-se o seguinte: (i) o reservatório é pequeno se comparado com o hidrogra-

ma afluente e não tem volume de espera. A previsão tem sido utilizada para evitar gerar cheias artificiais na operação e para o alerta da população ribeirinha.

10. DIÂMETRO MAIS ECONÔMICO DE UMA IMPULSÃO

Celso L. Prevedello

O objetivo do artigo é descrito como o de estabelecer o diâmetro mais econômico de uma canalização de impulsão, de acordo com a teoria moderna que governa o escoamento de líquidos em canalizações forçadas, respeitando-se a natureza do líquido, do material empregado, e o regime de escoamento que se estabelece na condução. Para tanto o autor combina as equações de custo, potência, escoamento e velocidade e obtém uma equação não-linear para o diâmetro das canalizações função de variáveis específicas destas equações.

11. EQUAÇÕES DE VAZÕES LÍQUIDAS, MÉDIAS MENSAS, GERADAS PARA SEÇÕES DAS CALHAS DOS RIOS AGUAPEÍ, PEIXE E SANTO ANASTÁCIO, SITUADOS NO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Ademir Goulart Figueiredo e Rogério Gimenez

O artigo não permite uma análise adequada se seu conteúdo, já que cita valores e figuras que não são apresentadas (ou o arquivo não apresenta). As referências a locais e critérios não são também apresentados.

12. MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PLANEJAMENTO DOS PROCESSOS DE MOVIMENTO DE ÁGUA NO SOLO

Mariangela Amendola

O artigo descreve as diferentes da formulação matemática para representação do escoamento em meio poroso não-saturado, considerando seu uso para irrigação. Destaca as equações de Richardson, a necessidade da solução numérica, a definição de fronteira livre.

SÍNTESE RESUMO

Devido a grande diversidade dos temas abordados, poucos artigos têm algo em comum, desta forma procurou-se resumir o conjunto apresentado na tabela 1 apresentada abaixo.

Como pode-se observar a maioria dos artigos tratou de enchentes e o uso dos recursos hídricos predominante foi o de Produção de Energia hidrelétrica. Os artigos de forma geral foram muito mais descritivos, provavelmente pelo pequeno espaço disponível, e utilizaram poucas técnicas quantitativas. Os artigos que citavam um pouco mais estas técnicas procuraram discutir sua potencialidade.

Este conjunto de artigos não pode ser considerado como representativo para o título da seção que trata de *Técnicas Quantitativas em Gestão dos Recursos Hídricos*, o que era de se esperar, já que dificilmente num evento um assunto tão vasto como este poderia ser coberto de forma completa.

Seja qual for a abordagem proposta para este tema, sempre será possível questioná-la de que está faltando discutir algum aspecto. Desta forma a seguir é apresentada uma visão particular e resumida do autor sobre este assunto.

TÉCNICAS QUANTITATIVAS EM RECURSOS HÍDRICOS

As técnicas quantitativas podem ser organizadas segundo diferentes fatores, como destacado a seguir:

Técnicas de Suporte : Neste conjunto estão as metodologias genéricas utilizadas em diferentes áreas da tecnologia para quantificar processos, caracterizar e visualizar sistemas. Entre elas pode-se citar: geoprocessamento e Sensoriamento Remoto; Métodos Numéricos para representar equações diferenciais; técnicas de otimização de funções matemáticas, Avaliação estatística e estocástica dos processos, entre outros. O conhecimento nesta área é universal e tem se desenvolvido de forma acelerada em função da tecnologia de informação, representado pelo computador e todos os programas

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.

Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998

(softwares). Sistemas de Suporte à Decisão são programas voltados a aplicações de gerenciamento que têm grande aplicação em recursos hídricos.

Técnicas de quantificação específica: neste contexto estão as diferentes metodologias voltadas para as diferentes áreas de recursos hídricos. Este conjunto de elementos pode ainda ser organizado de acordo com as sub-áreas ou podem ainda, genericamente ser identificados por técnicas voltadas para

Tratamento e análise da informação: metodologias voltadas para processamento e análise dos dados utilizados nas técnicas mencionadas a seguir e na gestão dos recursos hídricos.

Tabela 1 Características dos artigos enviados

Título/autor	Local	Tema principal	Usos dos recursos hídricos	Técnicas quantitativas
Estudo de Enchentes <i>Fábio Ahner e Maria Inês Faé</i>	Marechal Floriano ES	Mapa de Inundação	Controle de Inundação	Geoprocessamento
O uso do geoprocessamento como ferramenta auxiliar na regionalização de vazões da bacia do rio Araranguá <i>Guilherme Xavier de Miranda Junior, Alfonso Risso, Ciro Loureiro Rocha e Carlito Duarte</i>	Ararangua SC	Regionalização de vazões	Geral	Geoprocessamento e regionalização de vazões
Consistência das séries de vazões médias mensais no âmbito do setor elétrico <i>Carlos Alberto de Barros Ferreira e Luiz Guilherme Ferreira Guilhon</i>	Brasil	Séries de Vazões mensais	Produção de Energia	Técnicas e Estatísticas
Cálculo das vazões evaporadas nos reservatórios dos aproveitamentos em operação <i>Luiz Guilherme Ferreira Guilhon</i>	Sobradinho. BA (rio São Francisco)	Evaporação de Lagos	Produção de Energia	Balanco Hídrico
Controle De Cheias Por Algoritmos Genéticos <i>Luiz Sabino Neto, Marco Pacheco, Marley Vellasco e Karla Figueiredo</i>	Reserv. Água Vermelha	Controle de Cheias e operação	Produção de Energia e controle de cheias	Algoritmos Genéticos
Utilização de satélites meteorológicos para o alerta a inundações em bacias hidrográficas <i>Graziela Balda Scofield e Íria Vendrame</i>	Região Norte	Previsão de precipitação	Controle de Inundação	Sensoreamento remoto
UHE tucuruí – operação de controle de cheias na bacia do rio Tocantins no período de dez/96 a jul/97 <i>Vania Maria Ferreira, Adrienne Barbosa e Isabela dos Reis Costalonga</i>	Rio Tocantins	Controle de Cheias e Operação	Produção de Energia e Controle de Cheias	Descrição da cheia de 1997 e das condições de previsão
Influências do fenômeno el niño 1997/98 nas usinas hidrelétricas da Eletronorte <i>Isabela dos Reis Costalonga, Vania Maria Ferreira e Adrienne Barbosa</i>	Região Norte	Condições operacionais	Produção de Energia	Descrição das ocorrências hidrológicas
Controle hidráulico do reservatório da UHE Tucuruí <i>Vania Maria Ferreira, Adrienne Bar-</i>	Tucuruí	Controle de Cheias	Produção de Energia	Descrição dos eventos críticos

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.
Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998

<i>bosa e Isabela dos Reis Costalonga</i>				
Diâmetro mais econômico de uma impulsão <i>Celso L. Prevedello</i>	Genérico	Otimização de diâmetro de conduto	Irrigação	Técnicas matemáticas
Modelos matemáticos para o planejamento dos processos de movimento de água no solo Mariangela Amendola	Genérico	Escoamento em meio não-saturado	Irrigação	Métodos numéricos

Comportamento: metodologia que representam um processo dentro do âmbito dos recursos hídricos. Exemplos: escoamento em aquífero saturado; escoamento num reservatório; transporte de sedimentos de rios. Estas técnicas são utilizadas para quantificar e identificar a capacidade de um sistema. Por exemplo: Regionalização de vazões mínimas de uma região.

Otimização de sistemas hídricos: trata de identificar os processos e buscar otimizar o seu projeto ou sua operação. Por exemplo: Projeto de uma rede de condutos de abastecimento; operação de reservatórios de energia para controle de enchentes.

Técnicas para Planejamento e Gerenciamento: Geralmente utilizam combinação dos anteriores para a tomada de decisão, fazendo parte de um sistema de suporte a decisão. Por exemplo: Sistema de outorga de recursos hídricos; Planejamento de Desenvolvimento de uma bacia Hidrográfica.

As técnicas quantitativas de análise também podem ser organizadas segundo problemas de recursos hídricos como:

Outorga dos Recursos Hídricos: Métodos quantitativos que permitem estabelecer a quantidade de água disponível, as demandas existentes e proposta, o impacto da mesma no sistema hídrico e sua relação com a legislação vigente.

Usos setoriais ou múltiplos: técnicas utilizadas pelos aproveitamentos dos recursos hídricos para seu dimensionamento, operação e manutenção isolado ou conjunto. Por exemplo, energia firme de um aproveitamento; previsão em tempo real para operação de um Usina visando a produção ótima e o controle de enchentes; condições e frequência de navegação de uma via, regularização para abastecimento de água doméstico ou irrigação, entre outros.

Prevenção e Previsão de Eventos críticos: técnicas de voltadas para a avaliar o risco de enchentes e secas, previsão de curto e médio prazo que produzem impacto na sociedade.

Impacto Ambiental: técnicas quantitativas voltadas para projetos ambientais. Por exemplo, a qualidade de água de um rio depende dos condicionantes hidrológicos, da mesma forma as cargas lançadas no mesmo.

Atualmente no Brasil existem vários problemas relacionados com técnicas quantitativas que necessitam um desenvolvimento maior dos quais destacamos alguns:

1. **Informação Hidrometeorológica:** A rede hidrológica brasileira é baseada em postos fluviométricos tradicionais para grandes bacias. A avaliação distribuída da disponibilidade hídrica e o controle de cheias destas bacias está prejudicado. Nenhum modelo substitui os dados básicos e as técnicas de regionalização e simulação podem levar a valores tendenciosos devido a falta completa de dados.
2. **Avaliação do impacto do Uso do solo:** O desenvolvimento brasileiro tem se ocupado o espaço da bacia hidrográfica com razoável impacto. A avaliação da alteração do balanço hídrico devido as modificações do uso do solo rural e urbano ainda é deficiente devido a falta de informações e

de desenvolvimento de metodologias adequadas a realidade deste processo. Para o gerenciamento da bacia é necessário possuir avaliações quantitativas adequadas.

3. **Previsão hidrológica e meteorológica de curto e médio prazo:** O planejamento e desenvolvimento dos recursos hídricos envolve a convivência com eventos extremos tanto de secas como de estiagem que dependem de um melhor conhecimento da meteorologia. Desta forma, o aprimoramento das previsões de curto e médio prazo permitirão gerenciar operacionalmente o uso dos recursos hídricos nos diferentes cenários regionais do país.
4. **Técnicas de Suporte a Decisão:** Existe um grande número de modelos e metodologias voltadas para a solução de problemas específicos. A tomada de decisão em Recursos Hídricos envolve um conjunto muito grande de problemas e de áreas caracterizando uma visão interdisciplinar dos problemas. Desta forma, existe a necessidade de agregar estes sistemas dentro de uma visão que permite orientar a tomada de decisão nos projetos, no planejamento na outorga e na operação dos sistemas de recursos hídricos. Este conjunto de técnicas permite a busca de soluções econômicas, sociais e políticas compatíveis para a sociedade.

CONCLUSÕES

Os artigos apresentados é uma pequena amostra dos aspectos quantitativos em recursos hídricos, voltados para apenas alguns dos temas. Este artigo buscou resumir o conteúdo dos mesmos e apresentar a visão global deste assunto como um resumo de uma área importante dentro da Gestão dos Recursos Hídricos.

Técnicas quantitativas em Recursos Hídricos é um universo de informações e métodos necessários ao conhecimento, desenvolvimento e conservação dos sistemas hídricos. Como em Recursos Hídricos os problemas envolvem um grande número de variáveis que se modificam no tempo e espaço, o conjunto de condicionantes é quase infinito. A transferência de conhecimento pode ser realizada apenas nas técnicas básicas. Desta forma o desenvolvimento de tecnologia deve estar voltado para os condicionantes regionais, sendo necessário o desenvolvimento de capacitação e tecnologia voltado para cada realidade.