

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA

José Carlos Mota

Doutorando em Recursos Naturais na UFCG, Professor da UEPB, CEP: 58402-200 Campina Grande – PB.
e-mail: jcarlosmota10@gmail.com

Wilson Fadlo Curi

Professor D. Sc. da UFCG – CCT – Campina Grande – PB e-mail: wfcuri@yahoo.com.br

Mércia Melo de Almeida

Prof. D. Sc. da UFCG, CCTA – UATA - Pombal – PB e-mail: mercia01@gmail.com

Vladimir Costa de Alencar

Prof. D. Sc. da UEPB – Campina Grande – PB, e-mail: valencar@gmail.com

RESUMO - Um Sistema de Suporte a Decisão é de suma importância para gestores das mais diversas áreas do conhecimento, principalmente para a área de Recursos Hídricos que requer planejamento e gerenciamento assistido por computador. Portanto, este artigo tem como objetivo principal apresentar o sistema denominado RIOSS, que se encontra em fase de desenvolvimento e contempla os três módulos principais: Interface do usuário; Base de dados; e Base de modelos. A interface é a parte de comunicação do usuário com o sistema e foi desenvolvida na plataforma Java que envolve as seguintes ferramentas: JavaServer Faces, Ajax, Java Server Pages, Richfaces, entre outras. A base de dados é responsável pelo cadastro e manutenção de todos os dados relevantes ao sistema como: Instituições, usuários, bacias hidrográficas, rios, perímetros irrigados, estações fluviométricas, solos, entre outros. E a base de modelos tem como fundamento realizar processos de simulação e otimização, além de responder com dados úteis para ajudar na tomada de decisões. Na versão inicial, o sistema vai estar na Internet com a Interface e a Base de Dados, e em seguida virá à base de modelos que será implementada de acordo com os modelos CISDERGO e ORNAP (implementados em Matlab).

Palavras-chave: Recursos Hídricos, Internet, Bacia Hidrográfica.

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER LEVEL IN WATERSHED

ABSTRACT - A Decision Support System is highly important for managers of all knowledge fields, especially for those who work in a Hydric Resources field that requires computer-aided planning and management. Therefore, this article principally aims to present a system called RIOSS, which is being developed and contemplates three major modules: user interface; database; and base of models. The interface is responsible for the user's communication with the system and it was developed in the Java platform that involves the following tools: JavaServer Faces, Ajax, Java Server Pages, Richfaces, among others. The database is responsible for registration and maintenance of all relevant data for the system, such as: institutions, users, watersheds, rivers, irrigated areas, fluviometric stations, soils, among others. The base of models is utilized for simulation and optimization processes, besides responding with useful data to assist in making decisions. In its primary version, the system will be online with the Interface and the Database, and after that the base of models will be implemented in accordance with the CISDERGO and ORNAP models (both implemented in Matlab).

Keywords: Water Resources, Internet, Watershed.

INTRODUÇÃO

Os Recursos Naturais têm sido usados extensivamente e intensivamente de forma desordenada nos últimos tempos. Por causa disso, a sustentabilidade é considerada como o requisito indispensável para a preservação da vida em nosso planeta de forma digna para

as futuras gerações. Para o gerenciamento de um recurso ambiental, deve-se levar em consideração o planejamento que pode ser de curto prazo (5 anos), médio prazo (10 anos) e longo prazo (20 anos) (SILVA & PRUSKI, 2005), citado por Alencar (2009). Os cientistas de diversos países estão constantemente realizando estudos sobre o aquecimento global e logo se detecta que a

sustentabilidade é o fator preponderante e imprescindível para evitar a escassez dos recursos naturais.

Por outro lado, o desenvolvimento dos países continua a ter como principal indicador, o crescimento econômico, que prepondera a não sustentabilidade, ou seja, a exploração de recursos naturais de forma não planejada. Portanto, as políticas públicas, bem como a ação efetiva dos governos, ainda se baseiam no crescimento econômico ininterrupto, visando apenas os lucros altos das empresas.

É com base nisso que há a necessidade do planejamento e gerenciamento dos recursos naturais e como não poderia deixar de ser, os recursos hídricos que são cada vez mais escassos (de qualidade e quantidade para determinadas regiões do planeta), o que determina que produtos e softwares que auxiliam no processo da tomada de decisão precisam ser desenvolvidos e usados para auxílio aos diversos gestores das variadas áreas do conhecimento, principalmente pelos governos, indústrias, Organizações Não Governamentais (ONG's) e a sociedade civil de uma maneira em geral.

De acordo com Tucci (2004), um reservatório visa à acumulação de água objetivando a formação de reserva nos períodos de excesso de água e uso das reservas previamente formadas nos subperíodos de escassez. Portanto, os recursos hídricos precisam ser bem planejados e gerenciados para que nas épocas de seca não haja falta para principalmente as necessidades básicas dos seres humanos e a dessedentação de animais.

Deste modo, programas de computadores dedicados precisam ser desenvolvidos, ou seja, sistemas de suporte a decisão que auxiliem os gestores em propósitos específicos que podem fornecer informações necessárias para gerar, avaliar e sugerir alternativas de decisão ao gestor que pode ser individual ou grupo que atuam em desenvolvimento de projetos ou ajudem na solução de problemas mais complexos, conforme Curi & Curi (2008). Problemas esses que podem combinar modelos, técnicas analíticas e processamento de informações. Podem ser utilizada em comparações e classificação de riscos e desempenhos, seleção de alternativas e tarefas de acompanhamento e controle. Além de demandas e qualidade de água, otimização de lucratividade, controle operacional, custos, previsão, correção, manutenção, etc.

Diante do exposto, este documento científico tem como finalidade apresentar o desenvolvimento de um

sistema de suporte a decisão, que é composto de três módulos: interface com o usuário, base de dados e base de modelos. Na presente versão, o sistema conta com a interface e a base de dados que utilizam respectivamente a plataforma Java (jsp, jsf, Ajax, entre outros.) e a base de dados que utiliza o gerenciador de banco de dados PostgreSQL. A base de modelos encontra-se em migração e aperfeiçoamento que é baseada nos modelos CISDERGO (CURI, 2001a) e ORNAP (CURI, 2001b).

SISTEMA RIOSS

O sistema de suporte a decisão aqui desenvolvido (RIOSS) utiliza técnicas de análise de sistemas e pesquisa operacional para produzir cenários que apoiem a tomada de decisão (Galvão, 1999, citado por Alencar, 2009). Um sistema de suporte a decisão (SSD) conforme Filho et al. (2001) é um sistema computacional que tem como objetivo auxiliar o homem na utilização de informações e modelos para a tomada de decisão (um SSD possui os seguintes módulos: base de dados, base de modelos e interface com o usuário).

Interface

A Interface do RIOSS utiliza principalmente a tecnologia "JavaServer Faces" que faz parte da tecnologia Java da empresa Sun Microsystems e de acordo com Geary (2007) tem como objetivo ajudar os desenvolvedores de software na Interface de uma aplicação para Web. Esta tecnologia é um framework MVC, que permite o desenvolvimento de aplicações para a internet de forma visual. O JSF é atualmente considerado pela comunidade Java como a última palavra em termos de desenvolvimento de aplicações Web utilizando Java.

O Sistema RIOSS funciona, portanto com esta tecnologia sob um Browser (Navegador da Internet como: Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, entre outros) e possui a tela inicial, conforme Figura 1. Inicialmente o usuário deve se cadastrar através do botão "Novo Usuário" e preencher os dados requisitados e em seguida digitar o login e a senha para poder adquirir o direito de usar o sistema. Posteriormente, de acordo com a Figura 2, deve cadastrar um projeto e após a seleção desse projeto, passa a ter acesso ao sistema, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 1. Tela inicial do sistema RIOSS

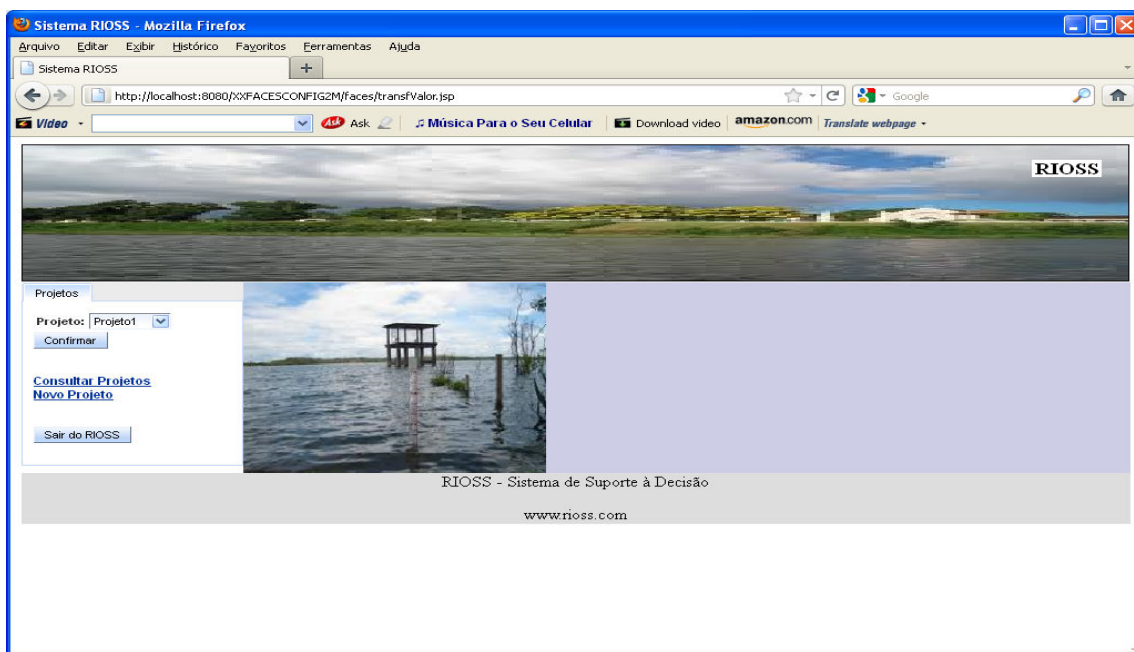


Figura 2. Tela que permite a criação ou seleção de um projeto.

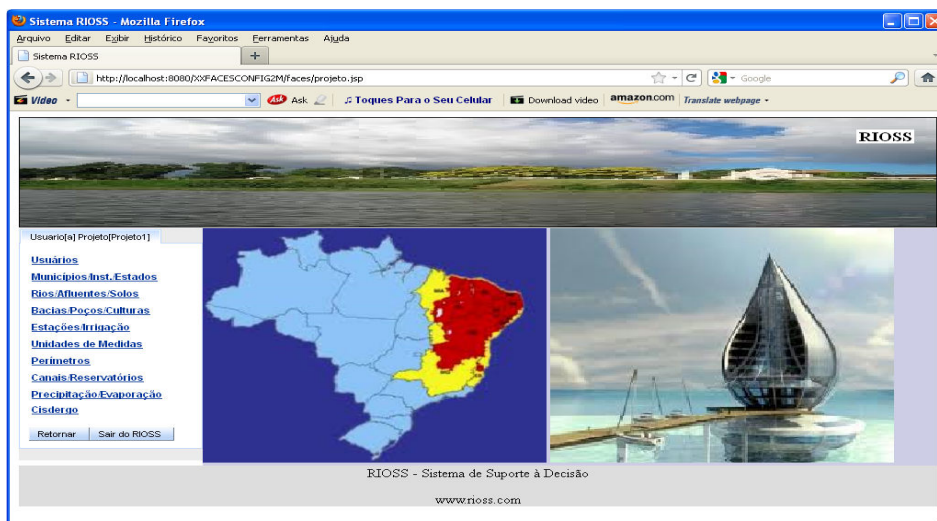


Figura 3. Tela que permite o acesso ao sistema RIOSS.

O Sistema possui uma interface amigável que permite ao usuário cadastrar os dados necessários e requisitados em cada tela, de acordo com o tipo de informação que desejar processar. Por exemplo, na tela de cadastro de um Rio, devem ser digitados os dados, conforme ilustrado na Figura 4 (denominação do rio; projeto ao qual este rio está ligado; subacia que está associado; dados de Latitude, Longitude e Altitude, entre outros). Após o cadastro de um ou mais rios, pode-se consultar os rios cadastrados, conforme apresentado na Figura 5 (onde os dados podem ser alterados e/ou eliminados).

Portanto, a interface do RIOSS utiliza a tecnologia JSF (JavaServer Faces) que é um framework e possui as

principais características: Permite que o desenvolvedor crie a interface através de um conjunto de componentes pré-definidos; Fornece um conjunto de tags JSP para acessar os componentes; Reutiliza componentes da página; Associa os eventos do lado cliente com os manipuladores dos eventos do lado do servidor (os componentes de entrada possuem um valor local representando o estado no lado servidor); Fornece separação de funções que envolvem a construção de aplicações Web. Utiliza Ajax em alguns de seus componentes tornando alguns processos mais rápidos e eficientes.

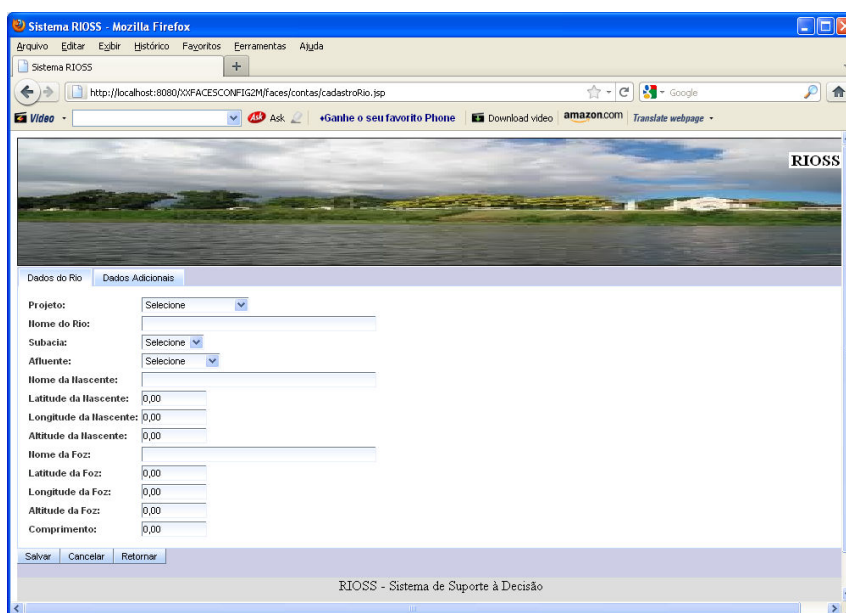
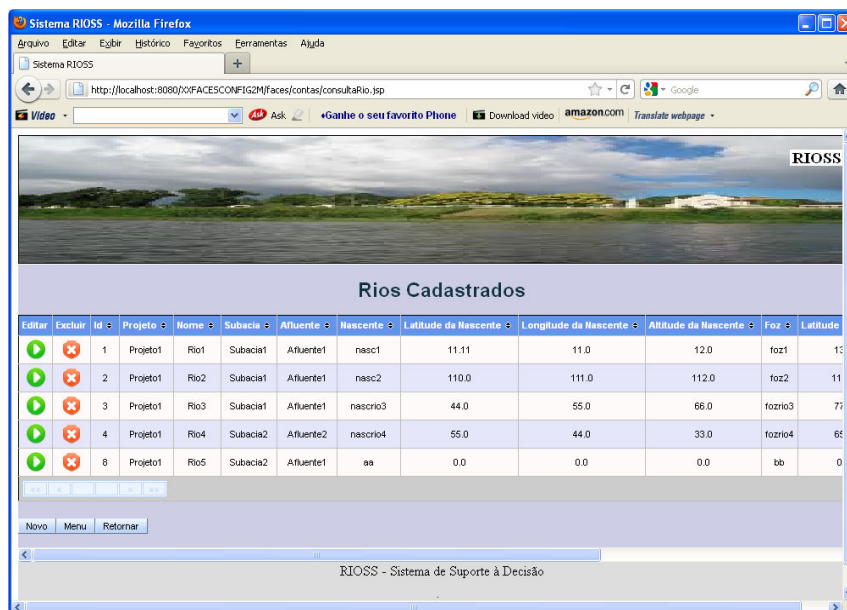


Figura 4. Dados cadastrais de um novo Rio.



Editar	Excluir	ID	Projeto	Nome	Subacia	Afluente	Nascente	Latitude da Nascente	Longitude da Nascente	Altitude da Nascente	Foz	Latitude
		1	Projeto1	Rio1	Subacia1	Afluente1	nasc1	11.11	11.0	12.0	foz1	11
		2	Projeto1	Rio2	Subacia1	Afluente1	nasc2	110.0	111.0	112.0	foz2	11
		3	Projeto1	Rio3	Subacia1	Afluente1	nascric3	44.0	55.0	66.0	fozrio3	77
		4	Projeto1	Rio4	Subacia2	Afluente2	nascric4	55.0	44.0	33.0	fozrio4	66
		8	Projeto1	Rio5	Subacia2	Afluente1	aa	0.0	0.0	0.0	bb	0

Figura 5. Consulta a tabela rios.

O framework JSF, conforme Gonçalves (2008) permite a inserção de: Folhas de estilo (CSS); Comandos em Java Script; Metodologia Ajax, entre outros. Além de permitir suporte a internacionalização e acessibilidade, possui também um conjunto padrão de componentes de interface de usuário que possibilitam validação padronizada, duas bibliotecas de etiqueta ("tag libraries") especiais do JavaServer Pages JSP, de acordo com Deitel, 2005 e Bond, (2003) para expressar a interface do JavaServer Faces dentro de uma página JSP, bem como um modelo de eventos do lado servidor, gerência de estados, JavaBeans criados com injeção de dependência, e uma Linguagem de Expressão Unificada.

O JSF possui também um modelo de navegação para facilitar a permuta de páginas e para lidar com qualquer processamento adicional para a sequência em que as páginas são carregadas. Deste modo, a navegação é um conjunto de regras para a escolha da próxima página a ser exibida após um comando do usuário.

Base de Dados

A especificação da base de dados está em fase final de desenvolvimento e é composta de uma série de tabelas interligadas que é usada no banco de dados denominado Postgre SQL. Esta base contém principalmente as

seguintes tabelas: cadastro de municípios e logradouros; cadastro de usuários (pessoa física ou jurídica); cadastro de instituições; cadastro de estações de medição; cadastro de bacias e sub-bacias hidrográficas; cadastro de rios; sistemas de irrigação; tipos de solos; cadastro de estruturas hidráulicas (reservatórios, lagoas, aquíferos, etc.); entre outras, essas tabelas estão interligadas através de chaves primárias e chaves estrangeiras.

A base de dados especificada possui caráter dinâmico, ou seja, a criação, eliminação e modificação dos dados e a criação, eliminação e modificação das tabelas pode ser feita por intermédio de usuários especializados e devidamente autorizados através do novo sistema (SSD) de forma on-line, sem necessariamente usar programas do banco de dados para este fim. Portanto, este sistema (SSD) usa o que há de mais inovador no que diz respeito ao conceito de bancos de dados ativos (dinâmicos), facilitando as possíveis modificações e manutenções da base de dados, que poderá ser feito localmente através de um desktop ou acesso remoto através da Internet.

A Figura 6 apresenta o título de algumas tabelas e suas relações, conforme vêm sendo trabalhadas (pesquisadas e desenvolvidas) por pesquisadores do grupo de pesquisa do CNPq GOTA.

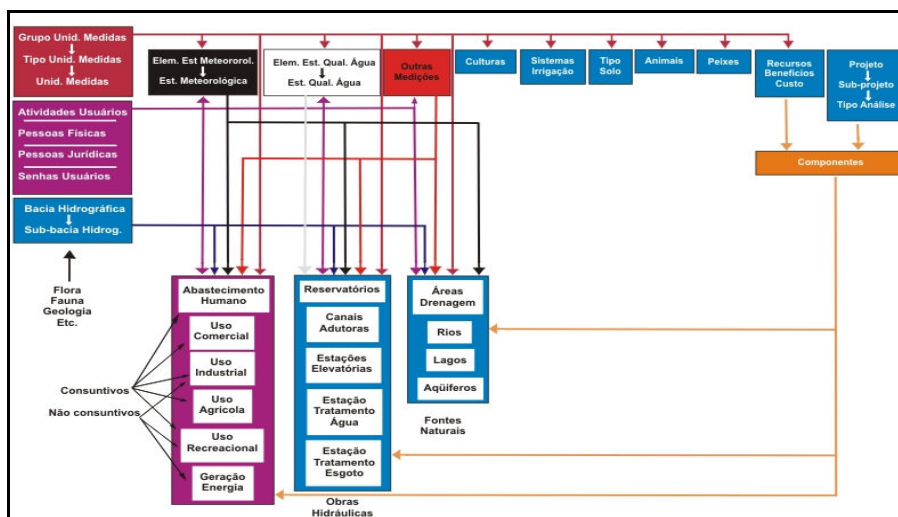


Figura 6. Possível estrutura organizacional de um BD para um SSD em sistemas de recursos hídricos (CURI & CURI, 2008)

Base de Modelos

O RIOSS foi desenvolvido de forma a poder implantar diversos modelos que puderem ser implementados no futuro. A comunicação principal é feita através da base de dados que foi criada, ou seja, o modelo em si precisa apenas acessar a base de dados e a partir desta realizar os devidos processamentos e retornar a resposta aos usuários em forma de tabelas e/ou gráficos.

- as equações podem ser descritas de forma mais complexa e mais detalhada e portanto, pode-se simular melhor o comportamento da realidade;
- as soluções são, geralmente, simples e diretas e, conseqüentemente, mais fáceis de implementar;
- normalmente, exigem-se poucos recursos computacionais como memória, tempo de processamento, etc.

Otimização

Simulação

A simulação é um componente importante a qualquer modelo de processamento para o planejamento e gerenciamento de Recursos Hídricos e esta corresponde ao emprego de técnicas matemáticas em computadores com o objetivo de imitar um processo ou operação do mundo real. Portanto, para se realizar uma simulação, é necessário construir um modelo computacional que corresponda à situação real que se deseja simular. Logo, a simulação pode ser empregada em um dos seguintes problemas clássicos: para descrever o comportamento de um sistema (pode ser usada para mostrar como um sistema funciona, ao contrário de como as pessoas acreditam que funcione); quando experimentar é dispendioso (onde uma experiência real seria onerosa, e pode oferecer bons resultados sem a necessidade de grandes investimentos); quando experimentar não é adequado (situações que podem causar desastres, entre outros).

Neste modelo conhecem-se todos os processos e as variáveis são determinadas via procedimentos que são realizados de forma seqüencial no tempo e, muitas vezes, no espaço. Estes modelos são também recomendados para problemas que tem as seguintes características, conforme Porto & Azevedo (2002):

- simular períodos longos de tempo e portanto, analisar o desempenho do sistema em termos de regras operacionais de longo prazo;

Neste modelo podem ser utilizadas algumas técnicas matemáticas e computacionais, as quais podem ser destacadas: PL (Programação Linear); PNL (Programação Não Linear); PD (Programação Dinâmica); entre outras. Para este modelo, conhecem-se todos os processos, mas não se conhecem as variáveis de decisão, ou seja, podem existir inúmeras possíveis soluções. Portanto, os valores buscados para estas variáveis devem ser ótimos, ou seja, precisam ser determinados segundo alguma função objetivo que se deseja maximizar ou minimizar.

Este modelo é recomendado para problemas em que têm as seguintes características:

- os objetivos são alcançados via uma busca da alternativa ótima;
- o sistema é descrito por muitas equações com suas variáveis, e em geral, devem ser todas resolvidas de forma simultânea (as soluções são, geralmente, atingidas de forma iterativa);
- exige-se a execução de milhares de simulações no processo decisório, o que aumenta o tempo computacional para chegar-se a uma solução;
- a descrição do modelo deve ser a mais parcimoniosa possível, ou seja, o problema deve ser o mais reduzido e as equações devem ser as mais simples (as restrições devem incluir o modelo de simulação);

- os períodos de tempo em sistemas de recursos hídricos devem ser menores, quando comparados aos de simulação;
- logo, são em geral, soluções mais complexas, de difícil implementação computacional e requerem mais recursos computacionais, tais como: memória, tempo de processamento, etc., conforme Porto & Azevedo (2002).

Estes modelos, em sistemas de recursos hídricos, têm por objetivo maximizar os benefícios (lucros, produtividade, qualidade, eficiência, etc.) e minimizar perdas (flutuações econômicas, custos de produção, impactos, riscos, etc.) (CUNHA, 1999). A sua forma estrutural pode ser determinada por:

Função Objetivo – otimize $f(X)$

2.1

(restrições) sujeito a:

$$2.2 \quad g_i(X) \leq b_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$2.3 \quad g_i(X) \geq b_i \quad i = m+1, \dots, m$$

$$g_i(X) = b_i \quad i = n+1, \dots, l$$

2.4

Na equação 2.1 o termo \rightarrow Otimize (pode significar prover a maximização ou minimização de uma função objetivo de um conjunto de variáveis “x”). As equações 2.2, 2.3 e 2.4 têm do lado esquerdo as funções de restrições e do lado direito as constantes limites em função dos operadores (\leq , \geq e $=$). O vetor de variáveis X é igual a $[X_1, \dots, X_N]^T$, onde N é o número de variáveis de decisão.

Visão geral do RIOSS

O RIOSS é um sistema que estará disponível na Internet e poderá ser usado por qualquer internauta, desde que devidamente autorizado, bastando acessar a página do Grupo GOTA. Este sistema tem a seguinte visão que em breve será disponibilizado de forma incremental para que as funcionalidades sejam inseridas a medida de sua implementação, conforme a Figura 7.

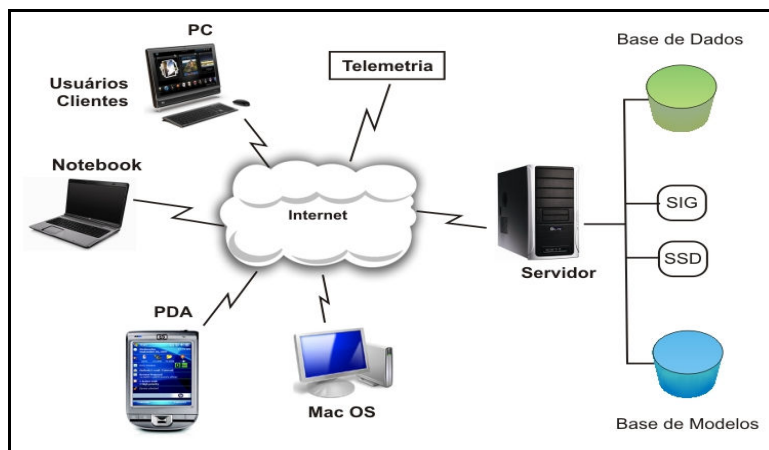


Figura 7. Visão Geral do Sistema (RIOSS)

MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico é apresentada parte do processo da base de modelos do RIOSS que envolve o processamento de algumas variáveis que envolvem a precipitação e a evaporação. Os valores de entrada consistem da precipitação que devem ser digitados mês a mês de janeiro a dezembro dados em milímetros por mês. Em seguida devem-se digitar os valores médios mensais em milímetros da evaporação, além dos valores do coeficiente do tanque e do coeficiente da cultura. Após isso, o sistema passará a calcular e serão fornecidos valores em forma de tabelas e/ou gráficos das seguintes variáveis: ETO (evapotranspiração de referência), ETP (evapotranspiração potencial), PE (precipitação efetiva), e NL (necessidade líquida da cultura).

Precipitação Efetiva (PE)

A precipitação efetiva (PE) consiste da parcela do total precipitado que gera o escoamento superficial.

Portanto, para o cálculo da PE, são necessários os volumes evaporados, retidos nas depressões e os infiltrados. Para o RIOSS, o cálculo foi feito pelo método do Soil Conservation Service (SCS) que é um dos modelos mais utilizados em aplicações práticas devido a sua simplicidade, facilidade de aplicação e qualidade dos resultados fornecidos, de acordo com Tucci (2004).

O Modelo SCS necessita dos seguintes valores: P: chuva total; Pe: chuva excedente; Ia: infiltração inicial; Fa: infiltração após início do escoamento superficial direto; e S: infiltração potencial máxima.

Hipótese do Soil Conservation Service:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia}$$

Continuidade:
$$P = Pe + Ia + Fa$$

Combinando as equações e isolando a Precipitação Efetiva (Pe), tem-se que:

$$\begin{cases} P = Pe + Ia + \frac{Pe \cdot S}{P - Ia} \\ P - Ia = Pe \cdot \left(\frac{P - Ia + S}{P - Ia} \right) \end{cases}$$

$$\therefore Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Após pesquisa de diversas bacias, o Soil Conservation Service chegou à seguinte relação:
Substituindo na equação da Precipitação Efetiva, tem-se que:

$$Ia = 0,2 \cdot S$$

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S}, P > (0,2 \cdot S)$$

Para parametrizar estas curvas, o Soil Conservation Service criou um adimensional denominado CN (“curve number”), que possui as seguintes propriedades:

$$0 < CN \leq 100$$

para áreas impermeáveis CN = 100

para outras superfícies CN < 100

O número da curva CN e a infiltração potencial S estão relacionados através da expressão:

$$S(mm) = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Esta expressão foi obtida em unidades métricas, que estabelece o valor de CN numa escala de 1 a 100. Esta escala retrata as condições de cobertura e solo, variando desde uma cobertura muito impermeável (limite inferior)

até uma cobertura completamente permeável (limite superior). Este fator foi tabelado para diferentes tipos de solo e cobertura, conforme as Tabelas 1 e 2, vistas em Tucci (2004).

Tabela 1. Bacias Rurais

Valores de CN para Bacias Rurais - Fonte: TUCCI (2004)					
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com Sulcos Retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
Pastagens	Boas	39	61	74	80
	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
Campos permanentes	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
Chácaras	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
Estradas de terra	De superfície dura	74	84	90	92
	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
Florestas	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Tabela 2. Bacias Urbanas e Suburbanas

Valores de CN para Bacias Urbanas e Suburbanas - Fonte: TUCCI (2004)						
		A	B	C	D	
Zonas cultivadas	Sem conservação do solo	72	81	88	91	
	Com conservação do solo	62	71	78	81	
Pastagens ou terrenos baldios	Em más condições	68	79	86	89	
	Em boas condições	39	61	74	80	
Prado em boas condições		30	58	71	78	
Bosques ou zonas florestais	Má cobertura	45	66	77	83	
	Boa cobertura	25	55	70	77	
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios (em boas condições)	Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80	
	Com relva em 50 a 75% da área	49	69	79	84	
Áreas comerciais e de escritórios		89	92	94	95	
Distritos industriais		81	88	91	93	
Áreas residenciais	Tamanho médio do lote	% impermeável				
	Até 500 m ²	65%	77	85	90	92
	500 a 1000 m ²	38%	61	75	83	87
	1000 a 1300 m ²	30%	57	72	81	86
	1300 a 2000 m ²	25%	54	70	80	85
Estacionamentos pavimentados, viadutos, telhados, etc.	2000 a 4000 m ²	20%	51	68	79	84
	Asfaltadas, com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98	
Ruas e estradas	Pavimentadas com paralelepípedos	98	98	98	98	
	De terra	76	85	89	91	
		72	82	87	89	

Evapotranspiração de Referência (ETO)

Corresponde a uma taxa de evapotranspiração medida em um local no qual a vegetação é rasteira, verde e uniforme com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água, conforme Abumanssur (2006).

$$ETO = Ev * Kt$$

Onde: Ev - Evaporação do Tanque

Kt - Coeficiente do Tanque).

Evapotranspiração Potencial (ETP)

Quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, em uma unidade de tempo, de uma superfície extensa, completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água, segundo Penman citado por Abumanssur (2006).

$$ETP = ETO * Kc$$

Onde: Kc - Coeficiente da Cultura.

Necessidade Líquida (NL)

Consiste da necessidade líquida da cultura para atingir seu crescimento normal durante o período de estiagem, ou seja, há a necessidade de irrigação.

$$NL = ETP - PE$$

Onde: PE - Precipitação Efetiva.

ESTUDO DE CASO: Açude de Boqueirão

O açude público Epitácio Pessoa (Boqueirão), encontra-se geograficamente localizado entre as coordenadas 07°28'4" e 07°33'32" da latitude sul, 36°08'23" e 36°16'51" de longitude oeste, a 420m de altitude (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963), citado por Alencar, (2009), localizado no município de Boqueirão, Paraíba, próximo ao limite entre as regiões do Alto e do Médio curso do Rio Paraíba, trata-se de um reservatório situado em plena região semi-árida, na região dos Cariris Velhos, na Paraíba. Situa-se a oeste de João Pessoa, a cerca de 45 km da cidade de Campina Grande. A bacia hidráulica se estende pelos municípios de Boqueirão (Alto/Médio Paraíba), Barra de São Miguel (Alto Paraíba) e Cabaceiras (sub-bacia do Rio Taperoá).

Este açude possui as seguintes características hidrológicas (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963), citado por Alencar, (2009): Área da bacia hidrográfica: 12.410 km²; Pluviometria anual média: 661mm; Deflúvio médio anual: 138 x 10⁶ m³; Vazão regularizada bruta: 4,2 m³/s com uma garantia de 90%; Vazão regularizada líquida: 2,24 m³/s com uma garantia de 90% de permanência. O Vertedouro foi escavado na ombreira direita e tem largura de 200m. A soleira está na cota 378,36. O segundo tem largura de 80m e sua soleira está na cota 379,36. A seção total de vazão está dimensionada para uma descarga de 2.610 m³/s. A precipitação e a evaporação deste açude nos períodos de 1981 a 1985, foram selecionados para a realização do estudo em questão e estão de acordo com as tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Precipitação (Fonte: AESA – 2008)

Série de Precipitação (mm/mês)												
Anos/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	73.50	21.80	284.50	18.20	13.60	52.10	54.39	0.00	3.80	0.00	9.10	16.00
1982	6.60	97.70	7.20	136.20	59.20	140.20	27.00	37.00	2.30	0.00	0.00	2.80
1983	70.20	117.50	44.00	47.30	43.60	32.40	29.00	30.80	1.00	15.20	0.00	0.00
1984	2.20	0.20	132.00	147.40	121.30	30.50	94.80	56.00	20.60	10.30	5.40	0.60
1985	16.20	228.20	111.20	244.30	30.40	43.80	54.80	36.90	20.60	0.00	4.80	20.60
Média	33.74	93.08	115.78	118.68	53.62	59.80	52.00	32.14	9.66	5.10	3.86	8.00

Tabela 4. Evaporação (Fonte: AESA – 2008)

Evaporação Média em (mm/mês)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
147.10	132.50	108.10	88.30	105.50	64.90	73.00	105.10	126.10	153.60	151.20	165.00

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo de caso foi mostrar a importância de um sistema de suporte à decisão que estará disponível na Internet e será administrado pelo grupo GOTA, visando à execução de projetos referentes a Recursos Hídricos. Esse estudo apresenta apenas uma das

muitas possibilidades que este sistema poderá realizar sem ter de baixar um sistema da Internet e instalar em seu computador para depois executá-lo.

Outro ponto que deve ser destacado é a possibilidade do uso do sistema para o compartilhamento de informações entre os usuários, ou seja, o aproveitamento de dados de um determinado projeto pode ser utilizado por outro projeto.

Para o estudo de caso específico, utilizaram-se dados de precipitação e evaporação do Açude de Boqueirão, com a finalidade de demonstrar os vários parâmetros, tais como: ETO, ETP, PE e a NL (Necessidade Líquida de uma determinada cultura, durante seus estádios de maturação), como podem ser acompanhados nas Figuras 8 (precipitação cadastrada de 1981 a 1985), Figura 9 (Dados para cálculo da PE, ETO, ETP, NL, etc.), Figura 10 (Precipitação Efetiva em mm/mês), Figura 11 (Gráfico da Necessidade Líquida da cultura (Feijão) em 1981), Figura 12 (Necessidade Líquida da cultura (Feijão) em 1983) e Figura 13 (Tabela de dados da necessidade líquida da cultura (Feijão) de 1981 a 1985).

Estudos da necessidade líquida de culturas irrigadas ou em épocas de seca, visando à economia de água e suplementação necessária ao seu desenvolvimento, foram feitas por diversos pesquisadores, tais como: Oliveira & Carvalho (2003); Walber et al. (2007) que enfatiza a perda de água devido a evapotranspiração; Oliveira (2007) fez estudos de irrigação no Açude de Boqueirão; Gondim (2007) fez análises de indicadores de decisão para alocação de água para a agricultura irrigada, considerando-se a variabilidade das necessidades hídricas das diversas espécies cultivadas; entre outros. Portanto, o sistema RIOSS deverá atender e ajudar no processo da tomada de decisão em Recursos Hídricos em vários níveis do conhecimento.



Figura 8. Precipitação cadastrada para o Projeto1.

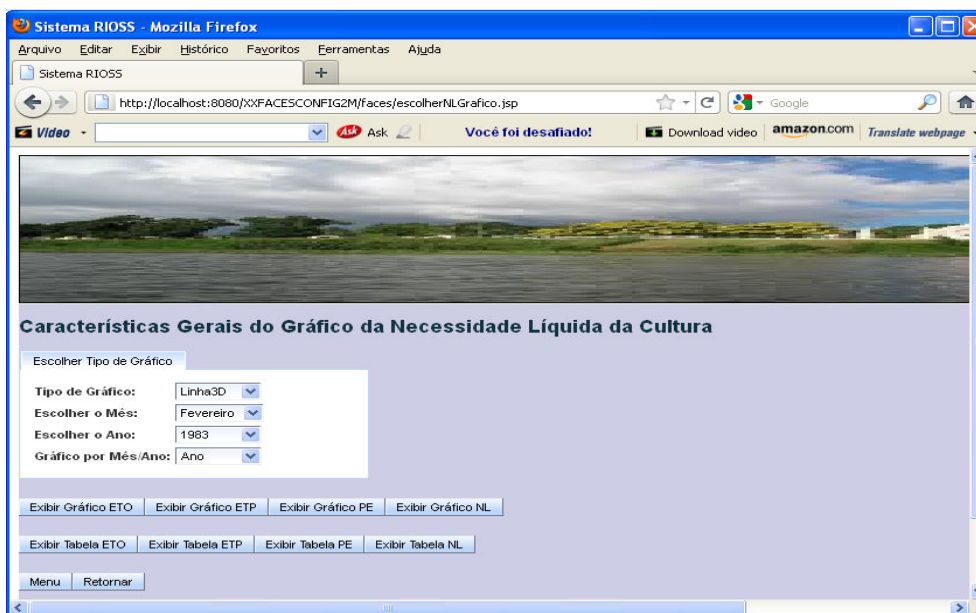


Figura 9. Dados para cálculo da PE, ETO, ETP, NL, etc.



Figura 10. Precipitação Efetiva em mm/mês.

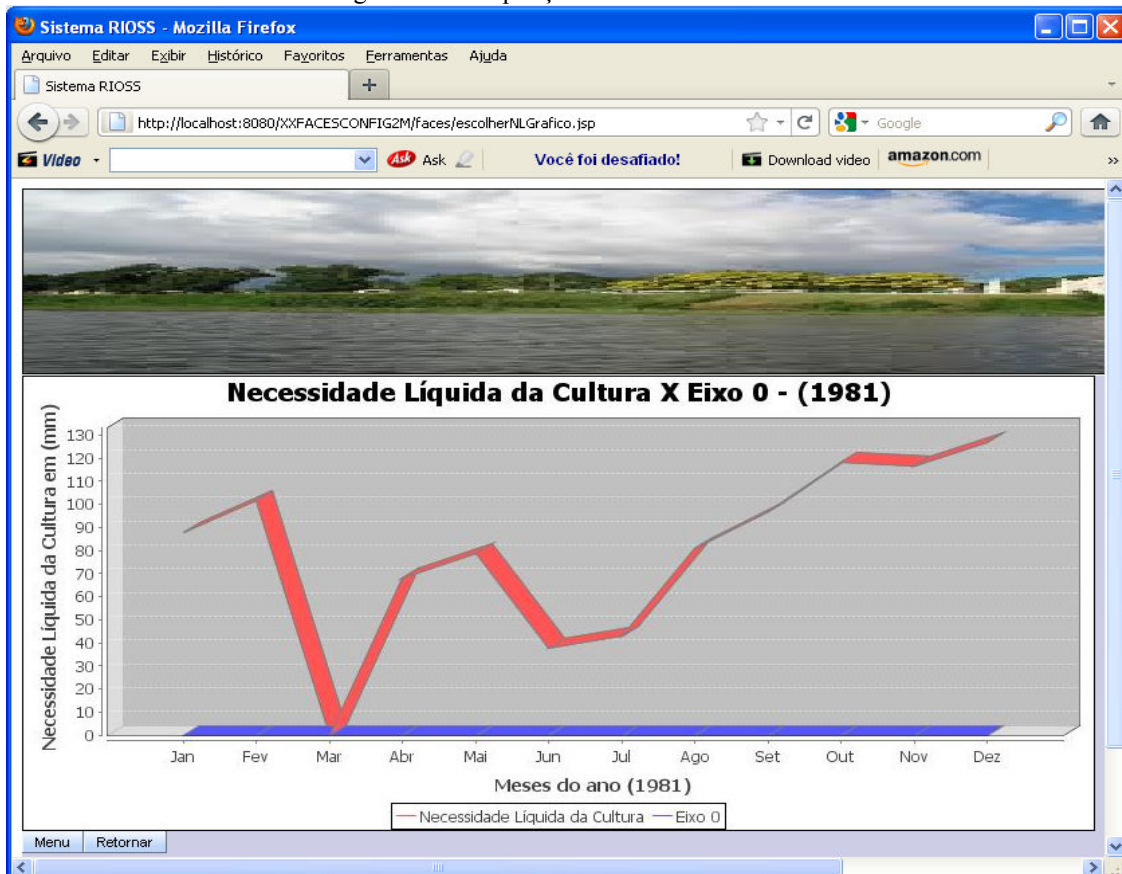


Figura 11. Necessidade Líquida da cultura (Feijão) em 1981.

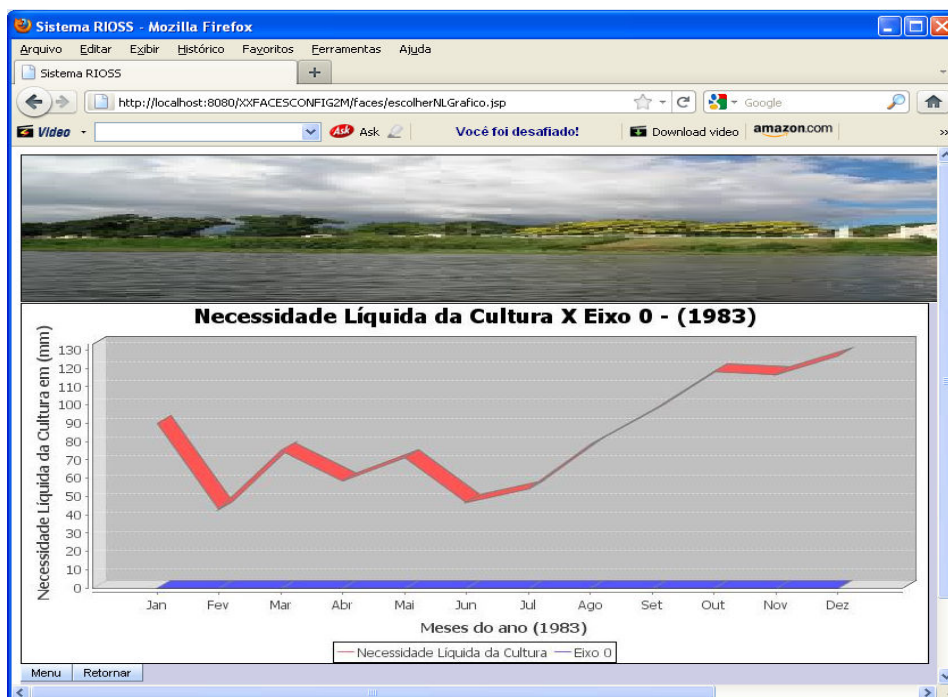


Figura 12. Necessidade Líquida da cultura (Feijão) em 1983.

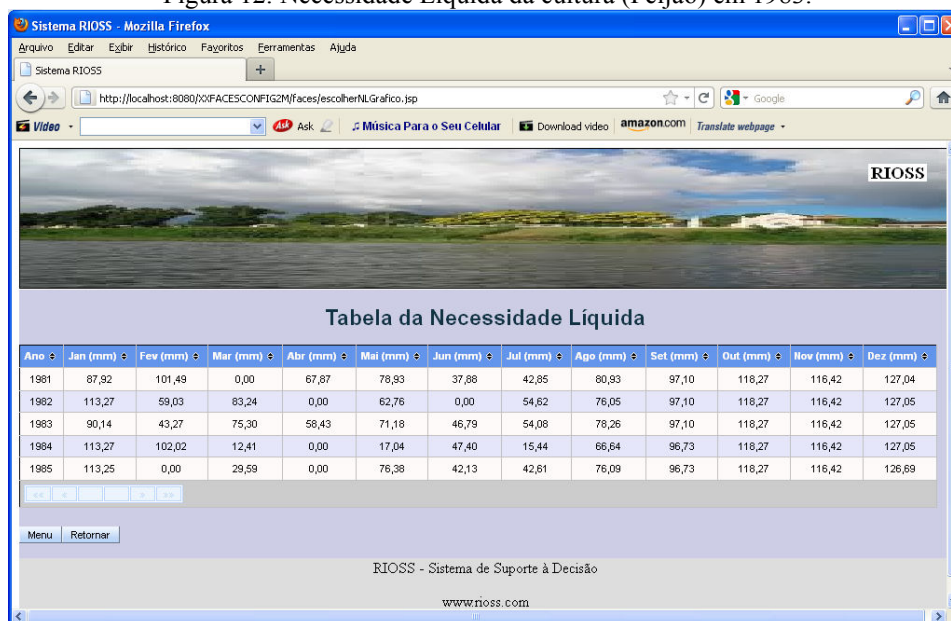


Figura 13. Dados da necessidade líquida da cultura (Feijão).

CONCLUSÕES

Diante do exposto, percebe-se que o sistema RIOSS proposto é de grande utilidade para a comunidade em geral que necessitem utilizar, no sentido de contribuir com o apoio a decisão aos diversos gestores dos Recursos Hídricos.

O sistema requer uma série de ajustes (ainda em processo de desenvolvimento) para aumentar uma série de possibilidades de forma gradativa e incremental que será feito pelos próximos pesquisadores que vierem a se unir

ao grupo do CNPq GOTA. Desta forma, espera-se que o sistema seja um sucesso e que no futuro possa se implementar uma série de melhorias, como é o caso de se utilizar recursos computacionais para principalmente usar o processamento compartilhado que é a computação de grade (Grid Computing) que na prática é a utilização de computadores que estejam ociosos em determinados momentos e que sejam aproveitados para processamento de dados de projetos de qualquer parte do planeta.

REFERÊNCIAS

- ABUMANSSUR, Calil. Estimativa da evapotranspiração mensal no Estado do Paraná. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Jul de 2006. 91 p.
- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. Dados mensais de volumes do reservatório Epitácio Pessoa – Boqueirão. 2008. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 27 de junho de 2008.
- ALENCAR, V. C. Análises multiobjetivo, baseada em programação linear, e comparativas para agriculturas de manejo convencional e orgânico. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2009. 351 p.
- BOND, M.; et al. Aprenda J2EE com EJB, JSP, Servlets, JNDI, JDBC e XML.; Tradução: João Eduardo Nóbrega Tortello; Revisão técnica: Álvaro Rodrigues Antunes. Pearson Education do Brasil – São Paulo, 2003. 962 p.
- CUNHA, R. G. L. Operação integrada do reservatório Engenheiro Arcoverde, poços amazonas e perímetro irrigado de Condado-PB utilizando-se de programação linear. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências e Tecnologia – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Campina Grande – PB. Outubro de 1999. 116 p.
- CURI, W. F.; e CURI, R. C. "CISDERGO – Cropping and Irrigation System Design with Reservoir and Groundwater Optimal Operation", Anais CD-ROM do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracaju, SE, 25 a 29 Nov. 2001a.
- CURI, W. F.; e CURI, R. C. "ORNAP - Optimal Reservoir Network Analysis Program", Anais CD-ROM do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracaju, SE, 25 a 29 Nov. 2001b.
- CURI, W.F.; e CURI, R.C., Notas de aula da disciplina de Otimização em Sistemas de Recursos Hídricos, Curso de Doutorado Temático em Recursos Naturais, UFCG, 2008;
- DEITEL, H. M. Java: como programar; Tradução Edson Furmankiewicz; Revisão técnica Fábio Lucchini. 6ª Ed. Pearson Prentice Hall – São Paulo. 2005. 1110 p.
- DNOCS – Departamento de Obras contra a Seca. Relatório Açude Boqueirão. Campina Grande, 1963. 8 p.
- DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. Estudo de viabilidade ambiental do açude público Epitácio Pessoa. João Pessoa. DNOCS/SCIENTEC. 2007.
- FERREIRA, V. M. Definição de Parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio milho x feijão-caupi. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí - Teresina, 2007. 95 p.
- FILHO, Francisco de Assis Souza, SÁ, J. A. C. de A., ARAÚJO, J. C. de, SIMPSON, L., CAMPOS, M. A. H. de, AQUINO, M. D. de, CAMPOS, N., SOUZA, R. O. de, SANTAELLA, S. T., GOUVEIA, S. X., MOTA, S. B., STUDART, T. M. de C., VIEIRA, V. de P. P. B. Gestão de Águas: princípios e práticas, Fortaleza-CE, ABRH, 2001, 2ª Edição, 242 p.
- GALVÃO, Carlos de Oliveira, VALENÇA, M. J. S., VIEIRA, V. P. P. B., DINIZ, L. da S., LACERDA, E. G. M. de, CARVALHO, A. C. P. L. F. de, LUDERMIR, T. B. Sistemas Inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais, Editora da UFRGS (ABRH), 1999, 246 p.
- GEARY, D. & HORSTMANN, C. Core Javaserwer Faces fundamentos. Editora Alta Books – Rio de Janeiro. 2007. 522 p.
- GONÇALVES, E. Desenvolvendo aplicações WEB com netbeans ide 6. Editora Ciência Moderna Ltda – Rio de Janeiro, 2008. 581 p.
- GONDIM, R. S.; ARAÚJO, R. C. P.; TEIXEIRA, A. S. Indicadores de decisão para alocação da água de irrigação no baixo Jaguaribe, Ceará. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo-SP. 2007, 19 p.
- OLIVEIRA, F. C. Alterações no sistema produtivo e organização do trabalho na agricultura irrigada em torno do Açude de Boqueirão-PB. Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado) Campina Grande-PB, 2007, 179 p.
- OLIVEIRA, L. F. C. & CARVALHO, D. F. Regionalização da lâmina suplementar de irrigação e época de plantio da cultura de feijão, no Estado de Goiás Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. On-line version ISSN 1807-1929, vol.7 n.º.1 Campina Grande Jan./Apr. 2003.
- OLIVEIRA, M. B. A. Estimativa dos benefícios econômicos do uso da água do sistema Coremas/Mãe d'água para irrigação nas várzeas de Sousa. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2000.

Artigo Científico

PORTO, R. L.L. & AZEVEDO, L.G.T. Sistemas de Suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. extraído do Livro: Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto [et al.]. – 2. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p 43-95. 2002.

SILVA, Demetrius David da, PRUSKI, F. F., Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais, Pruski Editores – Viçosa – MG, 2005, 659 p.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação, Editora UFRGS (ABRH), 3ª Edição, 2004, 943 p.

Recebido 05 01 2011

Aceito 30 03 2011