

ANÁLISE MULTICRITERIAL BASEADA EM MODELOS PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

MULTICRITERIA ANALYSIS BASED ON MODELS FOR THE WATER RESOURCES MANAGEMENT

Edilson Raimundo Silva¹, José Almir Cirilo², Yvonilde Dantas Pinto Medeiros.³

1. Doutorando do programa de pós graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Pernambuco.
2. Professor titular da Universidade Federal de Pernambuco.
3. Professora adjunto IV da Universidade Federal da Bahia.

Abstract

The core of the management of water resources is the environmental decision-making process. This process is the environmental condition associated with multiple objectives and multiple decision criteria, which are assessed by indicators drawn from the attributes of possible planning scenarios. This article proposes a system architecture where information is used in an integrated, quantitative models, qualitative, conceptual and cognitive, to create data sets needed for a multi-criteria analysis procedure, to assist decision-making associated with managing water resources in a watershed. The main axis of the proposed architecture is the concept of decision support systems, guided by models, implying the development of interfaces between the actors (planners, scientists, users and decision makers) and the models used, as well as between models and multicriteria analysis procedure used.

Keywords: Environmental Modeling, Multicriteria Analysis, Model-Driven DSS.

Introdução

O gerenciamento hídrico é uma tarefa que requer o conhecimento e o trabalho sobre um complexo sistema de elementos ativos e passivos que se interrelacionam e constituem o que chamamos de natureza. Uma bacia hidrográfica é palco de um dos fenômenos mais importantes para os seres vivos da terra, a precipitação de águas levantadas no mar e trazidas pelas nuvens. O fluxo de água abaixo e acima da superfície da terra cria nascentes, córregos, riachos, lagos, lagoas, rios e pântanos. Estes mananciais são alterados pela espécie humana, muitas vezes sem a consideração de fatores que, quando desconsiderados implicam em comprometimentos sérios para a população.

Por estar constantemente poluindo e degradando seus mananciais, a civilização moderna criou situações em que a água de uma região existe em quantidade boa, mas em qualidade ruim, muitas vezes sucedendo-se também o contrário, pois rios que conseguem manter a qualidade de suas águas são minimizados e assoreados pelo descaso com suas matas ciliares, transformadas muitas vezes, em pastos ou imensas plantações. Nos dias de hoje, vários setores da sociedade se organizam para enfrentar problemas ambientais causados pela própria expansão desta mesma sociedade. Desde a época das grandes navegações, onde realmente começou a globalização do planeta, o homem vem alterando mais e mais os ecossistemas dos lugares onde se instala.

Por conta do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas de avaliação de impactos, grupos de cientistas procuram agora soluções de baixo impacto, que possam até reverter desequilíbrios já instalados nos ecossistemas. Problemas relacionados à alocação apropriada da água, sistemas de distribuição eficientes, como também à preservação da qualidade da água superficial e subterrânea, além de outros relacionados a um desenvolvimento local ambientalmente equilibrado, representam um desafio ao gerenciamento dos recursos hídricos e também uma oportunidade para aprofundar a análise de complexos conjuntos de objetivos múltiplos, recursos restritos e exigências de desenvolvimento sustentável. Integrando este movimento de auto-avaliação ecológica, este trabalho se propõe a expandir os esforços feitos para se compreender e gerenciar melhor os recursos ambientais afetados pela desordenada ocupação antrópica.

O gerenciamento de recursos hídricos é orientado na busca da otimização do processo decisório ambiental e agrega em si o contexto da análise do comportamento antrópico no uso dos recursos naturais e a avaliação das necessidades hídricas dos vários elementos constituintes do ecossistema fluvial. O estudo da interação entre a espécie humana e as outras espécies, tendo como objetivo o equilíbrio ecológico no balanço hídrico dos mananciais enfocados, constituirá uma plataforma conceitual ajustada às novas tendências, onde não se considera mais o ser humano como "proprietário consumidor" dos recursos

naturais, mas sim um componente da cadeia sucessiva de transformação produtiva destes mesmos recursos.

Dentro dos mecanismos possíveis para otimizar as tarefas referentes ao planejamento estratégico das atividades antrópicas em uma região, um sistema de informações adequado ao gerenciamento ambiental é uma ferramenta imprescindível ao entendimento e tratamento das questões ecológicas prementes hoje em dia. Um sistema com tal função tem que relacionar e integrar diversos modelos físicos, químicos, biológicos e sociais, representando as principais relações internas e externas aos ecossistemas componentes de uma macro região geográfica. Resultados da aplicação dos modelos devem poder subsidiar os processos decisórios, criando possíveis cenários, identificando elementos de relevante importância ecológica e conjuntos de indicadores ambientais, que são então submetidos a procedimentos de análise multicriterial.

Este trabalho tem como objetivo tecer as linhas principais para o desenvolvimento de um sistema de informações focado no apoio ao o processo decisório ambiental hídrico, em seus aspectos relacionados ao comportamento humano, suas estratégias de implementação, mecanismos para otimização de resultados, condicionantes e fatores relativos à automação de procedimentos e avaliação de dados, pois entende-se que isto representa um avanço no entendimento e na melhoria de nossa capacidade de resolver problemas que interessam a todos. Dentro deste enfoque, trabalho propõe a colocação da civilização humana como participante protagonista de um jogo de inter-relações ecológicas, tendo como cenário uma bacia hidrográfica, suas características hidrológicas, geológicas, climatológicas, culturais e históricas, tendo ainda como coadjuvantes as outras sociedades. de animais, plantas, insetos e seres microscópicos, que co-habitam a região em estudo. O desenvolvimento da análise ambiental hídrica visa a preservação do meio ambiente e a busca de soluções para conflitos entre usuários da água, para isto devem ser definidas metas de longo e curto prazo, em acordo com os interesses do estado, da região e dos usuários, além do atendimento aos objetivos sociais, econômicos e ecológicos do contexto local e global.

Revisão da Literatura

Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são ambientes onde são gerados e manipulados conjuntos de informações com o objetivo de auxiliar na resolução de problemas, através da formalização do processo decisório, tratamento de problemas estruturados e não estruturados, modelagem matemática e simulação digital, além de elementos de apresentação e manipulação de informações, num contexto computacional (Porto e Azevedo, 1997). De uma maneira geral, SAD's são ferramentas computacionais que disponibilizam mecanismos para obtenção, tratamento e apresentação de informações, específicas de um campo de conhecimento, propiciando simulações de cenários com o objetivo de melhorar o processo decisório e auxiliar responsáveis pela resolução de situações conflitantes (GRH, 2004).

No desenvolvimento de SAD's verifica-se a utilização de termos como Análise Decisória (Decision Analysis), que são mecanismos para tratamento da incerteza, da variabilidade e dos aspectos multicriteriais das decisões, no âmbito dos procedimentos de Tomada de Decisão (Decision Making). Métodos de Análise Decisória incluem em seu bojo, árvores de decisão, diagramas de influência e modelos utilitários multiatributo, além do bem conhecido Processo Analítico Hierárquico (AHP). Sistemas de Suporte à Decisão (Decision Support Systems), ou Sistemas de Apoio à Decisão (SAD's) são produtos de software que permitem aos tomadores de decisão a utilização de métodos analíticos e científicos no processo decisório (Srdjevic, 2004).

O ser humano resolve problemas através informações e de concepção intelectual, procurando compreender como causas e conseqüências interagem. Neste procedimento ele faz o uso de modelos, ou modelagem da realidade, aplicando certo grau de cognição e percepção das interrelações da estrutura e dinâmica ambiental (Porto e Azevedo, 1997). Modelos são representações da realidade, de acordo com as capacidades e limitações do tipo de modelagem utilizada, bem como da influência da perspectiva do agente modelador. A modelagem permite a geração de subconjuntos das coisas e fenômenos observados no meio ambiente, com maior ou menor grau de aproximação dos aspectos reais. Modelos conceituais são esquemas de representação da realidade de processos que envolvem conceitos e procedimentos humanos. Por isso estes modelos apresentam um alto nível de abstração, refletindo-se também este fato no aspecto de "entendimento facilitado" dos modelos conceituais, pois apresentam estruturas simples e básicas, resumindo os elementos de maneira preservar o contexto geral do objeto modelado (Christofolletti, 1999).

Em se tratando de modelagem qualitativa, a Teoria Qualitativa de Processos (TQP) formaliza modelos com mecanismos para representação de fenômenos, através de processos e parâmetros de estado, que são as variantes, taxas e outras quantidades (Forbus, 1984). Neste tipo de modelagem, os sub-modelos, ou fragmentos de modelos, representam processos simples, delimitados e bem especificados, utilizando um grau de abstração da realidade no nível de causas e efeitos. Estes modelos são úteis para

representar relações de “causa-efeito” e propagação de influências não discretizadas (Silva e Medeiros, 2007).

Modelos quantitativos geralmente trabalham na simulação e/ou otimização do comportamento de elementos bem definidos do ecossistema. Estes modelos são ferramentas computacionais matemáticas que implementam formulações simples ou complexas, com o objetivo da geração de conjuntos numéricos significativos, a respeito de algum fenômeno observado, medido ou monitorado. O modelo quantitativo MODSIM (Labadie, 1998) é um programa para simulação do comportamento do fluxo hídrico e é um dos mais utilizados atualmente para se analisar a distribuição de águas, condicionado a múltiplas demandas, séries de vazões naturais, custos de transporte, limitações de capacidade de canais e prioridade de atendimento (LABSID, 2002). O modelo MODSIM (interface ACQUANET) foi utilizado na análise de cenários de alocação em reservatórios da bacia do rio Paraguaçu, na Bahia, com o objetivo da geração de indicadores de desempenho do sistema hídrico, sob os cenários analisados (Faria, 2003).

Como os modelos de dados e informações formam a base de um processo decisório, os métodos de avaliação das alternativas formam o núcleo do processo decisório. Métodos de análise multicriterial são mecanismos de avaliação comparativa de cenários (alternativas), onde procedimentos matemáticos exatos são submetidos à subjetividade das preferências dos decisores, através da ponderação relativa dos elementos relevantes (critérios) para cada decisor. Esta avaliação tem por objetivo a escolha de soluções viáveis e eficientes para questões relevantes, que envolvem raciocínio subjetivo e problemas não-estruturados, os quais representam a maior parte dos problemas ambientais (Srdjevic, 2003).

A análise multicriterial surgiu a partir das pesquisas de Pareto (1896) e seu desenvolvimento tomou um vulto significativo a partir da 2ª guerra mundial, contribuindo na definição das estratégias militares. Posteriormente, já em uso empresarial e governamental, os métodos multicriteriais foram aplicados a situações com grande limitação de recursos e algum conflito entre os interesses dos tomadores de decisão, quanto aos seus objetivos. Nestes casos, interesses contrários podem levar à distorções nas informações de uma região específica, o que compromete o conjunto dos dados de uma macro região, impedindo, por vezes, o encaminhamento de obras de interesse geral. (Medeiros e Outros, 2006).

Pontos importantes dentro da aplicação de métodos de análise multicriterial, estão contidos na definição da matriz de decisão (pay-off). Ela requer diretamente que seja feita a escolha dos critérios de decisão e a ponderação relativa destes critérios. Os critérios escolhidos precisam ser mensuráveis por algum dos atributos das alternativas, o que consistirá nos indicadores dos cenários. Os métodos de análise multicriterial se baseiam no processamento da matriz de decisão, o que é feito de acordo com sua estratégia. Cada método multicriterial lida com os critérios, pesos relativos e indicadores de forma a obter uma classificação das alternativas, com base na relação entre a solução encontrada e a solução ideal, ou com uma solução por compromisso, buscada através de negociação entre os decisores (Silva, 2010).

Métodos e Materiais

O conjunto geral de ações estabelecidas para a metodologia desta pesquisa se baseia na busca de informações especificativas e conclusivas a respeito dos componentes do ecossistema de uma bacia hidrológica, suas formas de representação, mecanismos de tratamento de dados e processos de tomada de decisão, já que se tem como objetivo contribuir para o melhoramento do gerenciamento de recursos hídricos na bacia.

As informações que serão sumarizadas foram adquiridas em cerca de dez anos, onde o autor trabalhou no desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, relacionados a atividades que envolvem recursos hídricos, no Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia. Estes trabalhos envolveram principalmente o desenvolvimento de estruturas de dados, interfaces e aplicação de modelos.

Como método preliminar de estruturação de informações foi utilizado um procedimento que envolveu níveis crescentes de abstração, desde o universo dos fenômenos naturais até as necessidades antrópicas, que se refletem nas questões ambientais que dizem respeito ao gerenciamento de recursos hídricos. Neste caminho é configurada a estrutura de dados necessária e especificada a classificação de modelos, para análise dos dados e geração de parâmetros para a análise multicriterial.

Concluindo o trabalho foi construído um esquema onde as conjecturas foram inseridas de forma a mostrar o relacionamento entre elas e a seqüência na qual se utilizou a abstração dos elementos do processo, como um todo. Este diagrama representa um conjunto de módulos que se interrelacionam de forma adaptada à quantidade e qualidade das informações que se dispõe no momento, o que não inviabiliza sua aplicação, mesmo diante de pequenas quantidades de dados, pois estes podem ser obtidos pelos mesmos processos de modelagem usados na geração dos parâmetros da análise multicriterial.

Resultados e Discussão

A Arquitetura geral do sistema

A arquitetura de um sistema de informações representa o modelo básico sobre o qual as informações e procedimentos são montados e está associada ao contexto no qual o sistema deverá funcionar. Então, um sistema de informações específico para as questões ambientais, como qualquer instrumento que deva servir aos propósitos ambientais, deve conter em sua estrutura de dados um conjunto de informações mais holístico possível. Para efeitos da análise ambiental da bacia hidrográfica, mais especificadamente no que diz respeito ao gerenciamento de seus recursos hídricos, os objetos e fenômenos estudados estão associados à existência humana, como: obras hidráulicas; navegação, abastecimento de água, saneamento, controle de enchentes e outros que, de alguma maneira interferem no meio ambiente em interesse da espécie humana.

A classificação do ambiente em cinco universos de amostragem

Analisando a esfera terrestre sob o ponto de vista ambiental, o planeta foi considerado sob cinco aspectos, que representam os universos de amostragem, eles são: geológico, hidrológico, biológico, sociológico e climatológico. Estes universos provêm uma gama de informações espaciais e temporais que constituem a matéria prima para inferências efetuadas por sistemas e pessoas encarregadas do processo decisório ambiental, como ocorre no gerenciamento de recursos hídricos. A classificação em universos pressupõe que, em cada um deles, existem agrupamentos de dados em uma ordem de complexidade de valores e influências que é próprio, além disso, esta complexidade é aumentada pelas influências que um universo tem sobre os outros. A Figura 1 mostra um modelo simplificado da estrutura de universos, como está colocado neste trabalho.



Figura 1: Universos de elementos e processos representados pelo sistema de informações baseado em modelos.

O grupo dos objetos e relações pertinentes aos fenômenos *Geológicos* foi colocado na parte inferior da Figura 1, não só pela sua posição na natureza, mas por este servir como base para os demais. O grupo constituído pelos elementos *Hidrológicos* está acima da terra, cobrindo-a no mar e nos ares ou permeando-a nos rios e aquíferos. O grupo dos elementos *Biológicos* constitui todos os seres vivos, na terra, na água e no ar, em suas relações e classificações. O grupo *Sociológico* é uma classificação especial do biológico, pois a espécie humana é um elemento diferenciado, em sua capacidade e atuação no contexto dos impactos causados em todos os seres vivos. Por último, e acima de todos está o grupo dos elementos e fenômenos climatológicos.

Em se tratando de gerenciamento de recursos hídricos, a legislação atual prevê seu caráter participativo e descentralizado. Isto é, a sociedade, organizada em seus diversos segmentos, deve ser capaz de gerenciar os recursos hídricos, aos quais lhe couber o domínio, entrando em cena a figura dos comitês de bacia, como organismos consultivos e/ou deliberativos. Por sua vez, cabe às ciências ambientais e aos seus pesquisadores, estabelecer bases eco-lógicas para as tomadas de decisão, caso contrário as preferências dos decisores poderão ter sérias conseqüências para o bem estar geral de todos. A partir disto, o processo decisório ambiental é dividido em dois âmbitos: o âmbito científico e o âmbito político, sendo que o âmbito político é onde realmente a decisão é tomada, isto é, no comitê da bacia, através de suas câmaras técnicas. Estas por sua vez, utilizam dos conhecimentos gerados pelo âmbito científico, para entender as causas e conseqüências, custos e benefícios das decisões tomadas

A estruturação das bases de dados

Em todo sistema de informação a base de dados assume um papel preponderante no sentido em que a importância da estrutura de dados é percebida sob todos os ângulos em que se avalie a performance do sistema. Considerando os avanços atualmente verificados na forma de armazenamento de dados, não se pode deixar de considerar a utilização de duas tecnologias, dentre as muitas em desenvolvimento, esta são: o georreferenciamento e a descentralização de dados, isto é, os SIGs e a World Wide Web. Além disso, em se tratando de dados ambientais, as séries de dados temporais, quer sejam: pluviosidade, vazões, temperatura, umidade, pressão e outros, representam informações imprescindíveis ao processo como um todo. Neste bloco é feita a estruturação das informações, adquiridas a respeito do ecossistema hídrico da bacia, em tabelas, consultas, indexadores, listas encadeadas, pilhas e filas de armazenamento temporário, além de parâmetros de comunicação e de hierarquia relacional.

O bloco dos modelos

Os modelos a serem utilizados levarão em conta a sua aplicabilidade e flexibilidade, com relação à capacidade de geração de informações relevantes para o processo decisório em questão. Tais informações devem ser aplicadas a métodos multicriteriais, representando, simulando, classificando, ordenando e disponibilizando aspectos do ecossistema hídrico da bacia, de forma "entendível" pela maioria dos decisores. Estes modelos devem ter "pontos" de ligação, através dos quais devam ser feitas inferências que associarão características ambientais em diferentes níveis de abstração, tanto horizontalmente quanto verticalmente. Neste momento, serão criados "elos" de ligação entre subsistemas, objetivando o estabelecimento de relações entre todos os elementos do ecossistema. Estes elos devem prover, lógica e fisicamente, um só modelo, formado pela integração de diferentes mecanismos.

Conjuntamente com o processo de identificação das ligações entre os modelos, são verificados os aspectos de cada modelo, que podem ter influência em métodos de análise multicriterial. As influências exercidas por certos grupos de informações e procedimentos, sobre a análise multicriterial e o processo decisório, devem estar claras para os decisores, com liberdade de escolha dos parâmetros da decisão, por parte dos decisores.

De posse das especificações dos modelos, de dados primários, secundários, parâmetros e relacionamentos entre os eco-subsistemas da bacia em estudo, é efetuada então a construção de um "bloco", organizado à semelhança de uma rede neural, que funciona interligado, propagando influências entre as partes conectadas.

A tipologia dos modelos

Os modelos, para efeito deste trabalho, são classificados em três tipos, quer sejam: representativos, simuladores e otimizadores. Os modelos representativos são utilizados guardar e exibir informações que trazem em sua formação gráfica outros níveis de informação, então, observando um mapa, pode-se ter a informação de distância relativa entre pontos, sem esta informação está colocada explicitamente lá. Atualmente os mapas são trabalhados por sistemas de informação georreferenciadas, então sua capacidade de armazenamento de dados torna-se enorme.

Os modelos simuladores implementam, com certo grau de aproximação, os processos ambientais, a partir de dados e parâmetros que lhes são fornecidos, gerando então um outro conjunto de informações que se aproxima dos valores encontrados em sua área de estudo. Estes modelos são montados sobre os modelos representativos, pois as regras das simulações não podem diferir da própria representação do universo onde elas estão sendo simuladas, caso contrário a simulação não fará sentido, sendo assim, todo dado usado em simulações deverá também estar representado em um modelo, isto é, observará regras de consistência relacional e coerência semântica de dados.

Os modelos otimizadores utilizam-se dos simuladores, procurando ajustar os parâmetros destes, no sentido de obterem um determinado conjunto de dados definidos por suas funções objetivo. Os modelos otimizadores estão diretamente ligados à obtenção de alternativas para as questões dos tomadores de decisão, compondo estas com os parâmetros das simulações.

O nível de abstração dos modelos

O conjunto de modelos, em seus quatro tipos básicos, é então classificado pelo seu nível de abstração, de maneira que temos agrupamentos de modelos: cognitivos; conceituais; qualitativos e; quantitativos. Estes modelos representam estruturas de pensamento, organização de objetos, relações causa-efeito e relações físicas dinâmicas, envolvendo aspectos ecológicos da região em estudo. Eles referenciam principalmente os elementos identificados como tendo grande influência, tais como: tomadores de decisão; comunidades ribeirinhas; barragens; demandas; processos degradatórios; pólos de irrigação; etc.

Na construção dos modelos conceituais, procura-se identificar e classificar os procedimentos que estabelecem atribuições dos atores envolvidos na tomada de decisão, níveis de decisão, características de cada nível, elementos e informações usadas nos processos. São estabelecidas relações entre os fatores humanos (artificiais) e o conhecimento gerencial dos recursos hídricos, com a utilização de elementos gráficos simples. Os modelos conceituais, aqui considerados, são ferramentas de abstração da realidade, onde o nível da visão se dá em termos de processos antrópicos, isto é, mecanismos que consideram as necessidades e formas de agir humanas. Os modelos qualitativos representam relações "causa-efeito" entre os principais elementos do ecossistema. Os elementos principais são os eco-subsistemas: geológico; biológico; hidrológico; climatológico e sociológico, constituindo estes, fragmentos do modelo completo. Este modelo representa elementos e processos naturais, identificados pelo conhecimento científico obtido na caracterização do contexto do problema. Os modelos qualitativos mostram a estrutura de influências entre os processos e as variáveis relevantes para o entendimento da dinâmica ecológica da região.

O mecanismo de geração dos parâmetros da análise multicriterial

As alternativas a serem avaliadas são caracterizadas pelo conjunto de parâmetros usados nos modelos. Estes modelos gerarão então valores para estes conjuntos de parâmetros das alternativas. Estes valores são trabalhados por um módulo de indicadores. Os indicadores representam as consequências da aplicação das alternativas. Os critérios são representados pelos objetivos que o decisor tem e representam os objetos para os quais os decisores têm interesse.

Métodos de análise multicriterial

Na investigação teórica acerca do processo decisório são observadas questões que envolvem aspectos objetivos e subjetivos, sendo assim os métodos devem se utilizar de mecanismos matemáticos objetivos que possam lidar com a subjetividade, considerada na forma da preferência dos decisores. A literatura estudada fornece subsídios para escolha de alguns métodos multicriteriais cuja aplicação possa ser avaliada, dentro da abordagem escolhida. Utilizando a própria análise multicriterial de forma simples, elege-se um critério de maior importância para a escolha dos métodos.

Os mecanismos de funcionamento dos métodos multicriteriais são estudados com o objetivo da construção de algoritmos que trabalhem sobre uma base de dados contendo informações das alternativas, procedimentos para geração de valores dos indicadores (passíveis de serem utilizados para avaliação das alternativas) e critérios, com suas ponderações atribuídas a cada instância da experimentação. A estrutura de decisão montada com o uso dos métodos de análise multicriterial deve levar em consideração questões e desafios do gerenciamento de recursos hídricos como o desenvolvimento sustentável e equilíbrio hídrico do ecossistema.

O esquema geral do sistema de informações para o gerenciamento de recursos hídricos

Na figura 2 é apresentada a arquitetura do sistema de informações que sintetiza as informações colocadas anteriormente.

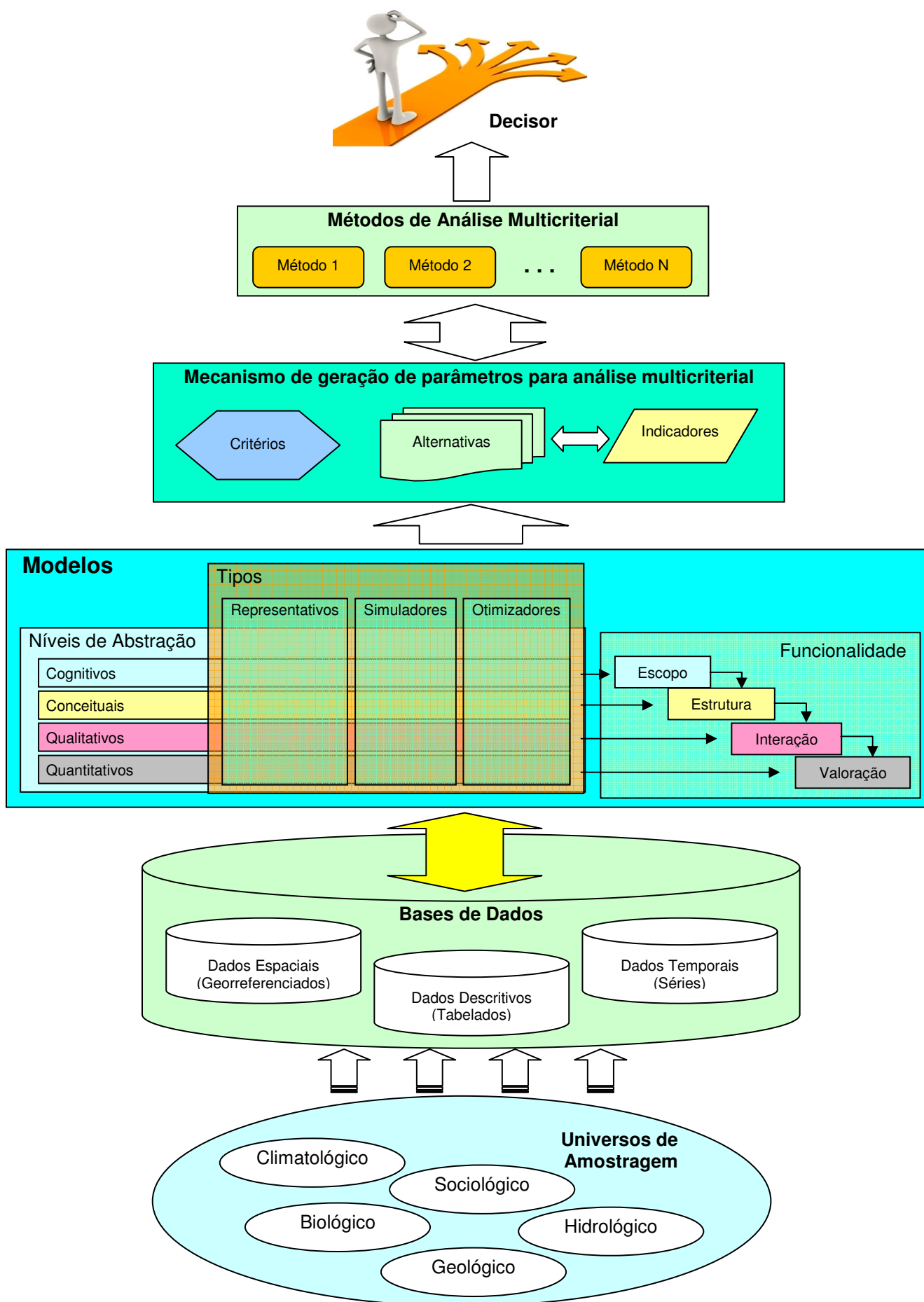


Figura 2: Esquema geral (Arquitetura) do conjunto de informações manipulado pelo sistema de apoio à decisão no gerenciamento de recursos hídricos proposto neste trabalho.

Conclusões

O tema central deste artigo, que é o gerenciamento de recursos hídricos, é orientado na busca pela otimização do processo decisório ambiental com vistas ao estabelecimento de um balanço hídrico equilibrado e agrega em si o contexto da análise do comportamento antrópico no uso dos recursos naturais, além da avaliação das necessidades hídricas dos vários elementos constituintes do ecossistema fluvial de uma bacia hidrográfica.

O estudo da interação entre a espécie humana e as outras espécies, tendo como objetivo o equilíbrio ecológico no balanço hídrico dos mananciais constitui uma plataforma conceitual ajustada às novas tendências, onde não se considera mais o ser humano como "proprietário consumidor" dos recursos naturais, mas sim um componente da cadeia sucessiva de transformação produtiva destes mesmos recursos. Outro elemento a ser considerado nesta análise diz respeito ao fato de que o gerenciamento hídrico não envolve unicamente os recursos hídricos, pois várias demandas populacionais, industriais, agrícolas, tecnológicas, econômicas e sociais podem ter sua escala de variação definida como uma função das políticas definidas neste âmbito.

Atualmente observa-se uma tendência mundial na direção da utilização de teorias e estudos científicos como apoio às decisões governamentais, principalmente no que se refere às questões ambientais, para as quais a ciência pouco avançou, se comparada a outras áreas como agricultura, medicina, física ou biologia. Uma expressão muito usada atualmente, o "desenvolvimento sustentável", representa um universo de interações entre processos, dos quais pouco conhecimento temos, mas que indubitavelmente passamos a considerar como meta primordial de nossa sobrevivência no planeta. Investigando o emprego de modelos de decisão, mecanismos interativos, abordagens transacionais, raciocínio qualitativo, metodologias multicriteriais e inteligência artificial, este trabalho procurou fornecer uma contribuição científica de valor teórico ao conjunto de estratégias gerenciais aplicáveis ao contexto ambiental.

A base tecnológica desta pesquisa é representada pela especificação dos requisitos básicos para a construção de uma ferramenta de software conhecida como Sistema de Apoio à Decisão (SAD), consistindo o SAD, consistindo este em um conjunto variável de interfaces, bases de dados e de procedimentos computacionais, atuando como catalisador na busca de soluções racionais e planejadas para problemas reais envolvendo questões, que tem por parâmetros intrínsecos a subjetividade, a incerteza e a falta de previsibilidade e estruturação dos problemas ambientais, além dos fatores decorrentes da adoção de estratégias equivocadas no passado. Um SAD tem, de maneira geral, muitas propriedades, sendo que sua atribuição principal é facilitar ao usuário a compreensão do problema e a escolha mais adequada entre as possíveis soluções disponíveis, empregando para isto, metodologias e abordagens que façam uso de arcabouços matemáticos confiáveis e mecanismos de interação que diminuam a distância entre o usuário e o sistema automatizado, tornando este sistema funcional e amigável.

Problemas relacionados à alocação apropriada da água e a sistemas de distribuição eficientes, como também à preservação da qualidade da água superficial, subterrânea e diversos outros relacionados a desenvolvimento local ambientalmente equilibrado – todos representam um desafio ao gerenciamento dos recursos hídricos e oportunidade para aprofundar a análise de complexos conjuntos de objetivos múltiplos, recursos restritos e exigências de desenvolvimento sustentável. É essencial o uso de técnicas avançadas de modelagem matemática e aplicações adequadas de software, tanto quanto implementação de sistemas modulares integrados e sistemas de gerenciamento de bancos de dados para a realização de atividades de gerenciamento de recursos hídricos.

A utilização de modelagem ambiental integrada, associada a métodos multicriteriais que empregam dados oriundos deste conjunto de modelos, mostra-se como um caminho promissor, não só pelo fornecimento de informações que carecem em nossas análises, mas pelo que é observado em termos do desenvolvimento de novos e mais precisos modelos para aplicações que consideram o fator antrópico como elemento constituinte do processo como um todo e não como peça primordial.

Referências

CHRISTOFOLETTI A., Modelagem de sistemas ambientais. Ed. Edgard Blücher, (1999). São Paulo, 235pp.

FARIA A. S., Alocação ótima dos recursos hídricos a partir da aplicação de um modelo de rede de fluxo, dissertação de mestrado, UFBA/MEAU, (2003), 128 pp.

GRH – Grupo de Recursos Hídricos, Sistema de apoio à decisão para o gerenciamento dos Recursos hídricos da bacia do rio Paraguaçu: Instrumentos de apoio à decisão. Relatório Executivo, UFBA/DEA/GRH, Salvador, (2004), 49pp.

LABADIE J. W., Program MODSIM, river basin network flow model for the Microcomputer, Department of Civil Engineering. Colorado State University, Fort Collins, Co., (1988).

LABSID – Laboratório de Sistemas de Suporte à Decisões, ACQUANET – Modelo para Alocação de Água em Sistemas complexos de Recursos Hídricos, USP/Labsid, (2002). Obtido em 23/04/2008, no endereço eletrônico:

<http://200.144.189.36/labsid/Programas.aspx?u1=programas&u2=6>

MEDEIROS Y. D. P. et al., Processo decisório de alocação de águas utilizando análise multicritério: caso da bacia do rio São Francisco. In Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá, (2006).

PARETO V., Course d'Economy Politique. Lausanne, Rouge. (1896).

PORTO R. L. L., AZEVEDO L. G. T., Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos, 1997, Editora Universidade/UFRGS/ABRH, pp 15-95.

SILVA E. R., Abordagem multicriterial difusa como apoio ao processo decisório para a identificação de um regime de vazões ecológicas no baixo curso do rio São Francisco , dissertação de mestrado, UFBA/MEAU, (2010), 170 pp.

SILVA E. R., MEDEIROS Y. D. P., Um modelo ambiental qualitativo para o baixo curso do rio São Francisco, XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais do XVII SBHN, (2007).

SRDJEVIC B., Métodos de análise de sistemas em engenharia, Notas de Aulas, Departamento de Engenharia Ambiental, UFBA, Salvador, (2003).

SRDJEVIC B., Advanced decision support tools in agriculture and water management. International Conference on Sustainable Agriculture and European Integration Processes, Novi Sad, Serbia (2004).