

ARQUITETURA DE CONHECIMENTOS SOBRE SISTEMAS AQUÍFEROS

*Vitor Vieira Vasconcelos¹
Paulo Pereira Martins Junior²
Douglas Rezende Jano³*

RESUMO

Apresenta-se a metodologia de Organograma de Rodas de Correlações e Impactos – ORCI – como instrumento em contextos de elicitação e formalização de conhecimentos. Toma-se como estudo de caso o conhecimento sobre pesquisa e gestão de sistemas aquíferos, no âmbito do Projeto Gestão de Zonas de Recarga de Aquíferos Partilhadas entre as Bacias de Paracatu, São Marcos e Alto Paranaíba – GZRP, financiado pela Fapemig (2007-2009). Propõe-se a construção de portais digitais de informação para potencializar as metodologias utilizadas, bem como para interconectar os produtos obtidos a outras plataformas, metodologias e linguagens de Tecnologia da Informação.

PALAVRAS-CHAVE

Conhecimento; Informação; Computação; Ciências Ambientais; Aquíferos

¹ Doutorando em Geologia. Mestre em Geografia, Especialista em Solos e Meio Ambiente. Bacharel em Filosofia. Técnico em Meio Ambiente. Técnico em Informática Industrial. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Consultor de Meio Ambiente e Recursos Naturais da Assembléia Legislativa de Minas Gerais (ALMG). Belo Horizonte, Minas Gerais. E-mail: vitor.vasconcelos@almg.gov.br.

² Doutor em Geologia. Professor da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Pesquisador da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG). Av. José Cândido da Silveira, 2000 – Horto. E-mail: paulo.martins@cetec.br.

³ Analista de Sistemas de Informação. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) / Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. E-mail: dougjano@gmail.com.

KNOWLEDGE SCHEME OF AQUIFER SYSTEMS

ABSTRACT

The ORCI methodology (Organization Chart of Impact and Correlation Circles) is proposed as a tool for knowledge elicitation and formalization. The case study presented refers to aquifers research and management in the project GZRP (Recharge Zone Management of Shared Aquifers among Paracatu, São Marcos and Alto Paranaíba basins), sponsored by Fapemig (2007-2009). The development of Digital Information Portals is proposed as a way to empower the ORCI methodology. The digital environment also permits the obtained products to have a better interaction with other platforms, methodologies and languages.

KEYWORDS

Knowledge, information; Informatics; Environmental Sciences; Aquifers

INTRODUÇÃO

Sistemas especialistas podem ser entendidos como “sistemas de computadores que usam as técnicas de conhecimento e raciocínio para resolver problemas que normalmente requeiram perícia humana” (FURNIVAL, 1995, p. 2). Dessarte, os Sistemas Especialistas constituem-se um corpo de conhecimento lógico formalizado sobre um contexto de saber, de forma que sejam capazes de aplicação a problemas específicos, possibilitando uma solução comparável a de um especialista. Sistemas de auxílio à decisão, por sua vez, abarcam o gerenciamento da informação, a partir do levantamento das necessidades informacionais dos decisores, da coleta e obtenção dos dados, na análise dos dados transformando-os em informação, na distribuição da informação de acordo com as necessidades do decisor, por fim, da utilização das informações pela sua incorporação no processo de trabalho (GUIMARÃES; ÉVORA, 2004).

Capturar o conhecimento humano e torná-lo explícito não é tarefa simples. O problema toma proporções ainda maiores quando se pretende registrar a experiência humana e representá-la sobre a forma de sistemas digitais. Assim, analisar o conhecimento e mapeá-lo para a forma digital é hoje uma tarefa de importância para diversas áreas do conhecimento.

De acordo com (SCHEIBER, et al., 2000) o maior entrave para a construção de sistemas computacionais especialistas para auxílio à decisão está justamente nas dificuldades encontradas para a formalização lógica dos conhecimentos utilizados pelos profissionais especializados. Grande parte dos conhecimentos humanos encontram-se como tácitos ou discursivos, de forma pouco estruturada, tornando difícil convertê-los diretamente em bancos de dados e axiomas lógicos programáveis. Com o intuito de tentar contornar esse expressivo gargalo, têm sido desenvolvidas diversas metodologias de eliciação de conhecimentos, entre elas a dos mapas conceituais.

Os mapas conceituais podem ser entendidos como estruturas, esquemas ou gráficos utilizados para representar a forma de um sujeito entender e conhecer sobre um determinado assunto (LIMA, 2004). Embora estes não representem explicitamente o conteúdo semântico de um termo, podem ser muito ricos em transmitir um esquema semiótico que consiga com maior eficácia

recuperar as informações e a construir o conhecimento. Os mapas conceituais também procuram facilitar o processo de aprendizagem (LIMA, 2004) mostrando a inter-relação de conceitos e a visão interdisciplinar. A partir de um universo de informações, o mapa conceitual ajuda a concatenar as idéias e produzir uma visão ampla, profícua e uma forma de adquirir e transmitir o conhecimento propiciando mais facilidade de verificar contradições, paradoxos e falhas no material organizado.

Todavia, os progressos da última década na programação de sistemas web oferecem novas possibilidades para se ir além de uma mera apresentação gráfica bidimensional estática dos mapas conceituais. Os atuais recursos de manipulação gráfica, integração de languagebs, hiperlinks e bancos de dados permitem que os mapas conceituais possam se transformar em verdadeiros sistemas de informação, em que o usuário navega pelas ligações e acessa conteúdos específicos de seu interesse. De forma a aproveitar essa capacidade técnica, propõe-se, neste artigo, o desenvolvimento de uma nova metodologia, denominada Organograma de Rodas de Correlação e Impactos – ORCI, dentro de um sistema web, doravante denominado sisORCI.

Como uma analogia ao processo de construção civil, o serviço de arquitetura, com função mais abstrata e de planejamento, precede o trabalho mais aplicado da engenharia civil. A proposição pretendida para o processo de formalização informacional é de que as atividades de Arquitetura de Conhecimentos (i.e., metodologia ORCI) propiciem um arcabouço adequado para os trabalhos posteriores de Engenharia de Conhecimentos (i.e., desenvolvimento de bancos de dados e programação lógica).

OBJETIVOS

Como objetivo geral, este artigo busca apresentar, aprimorar e aplicar a metodologia ORCI para o contexto de conhecimentos de Gestão de Recarga de Aquíferos, foco do projeto GZRP (Projeto Gestão de Zonas de Recarga de Aquíferos Partilhadas entre as Bacias de Paracatu, São Marcos e Alto Paranaíba – GZRP, financiado pela Fapemig – 2007/2009). A motivação deste trabalho encontrou-se no fato de tratar-se de um projeto complexo, com atuação de uma equipe multidisciplinar e com uma ampla base de informações oriundas de diversos campos técnicos e científicos. Neste caso, a modelagem epistemológica e computacional dos dados, informações e

saberes envolvidos tornou-se crucial para uma melhor a organização do projeto e para a consecução da metas nele propostas.

A abordagem proposta para esse artigo foi estabelecida com base em duas notas técnicas desenvolvidas durante a execução do projeto CRHA, financiado pelo MCT / FINEP / Fundo Setorial CT-Hidro-2002 (MARTINS JUNIOR et al., 2003; 2006) sob referências NT-CRHA 19 / 2004 e NT-CRHA 35 / 2004 (www.cetec.br/crha). O sistema, denominado sisORCI, teve seu desenvolvimento conceitual detalhado no projeto ACEE (MARTINS JUNIOR, 2005; 2007), financiado pela CNPq de 2005 a 2007 como inovação tecnológica. O desenvolvimento epistemológico e informacional é retomado nesse artigo e no desenvolvimento dos resultados na forma do sistema de arquitetura de conhecimentos.

No projeto GZRP desenvolveu-se o núcleo de um sistema que cria maiores facilidades para o planejamento real de propriedades rurais e dos comitês de bacia hidrográfica, em especial entre a relação destes com aquelas. Cabe ressaltar que com o sistema busca-se desenvolver um instrumento de integração dos pensamentos das ciências econômicas com as ciências ambientais, e assim todo o sistema é concebido para integrar pensamentos, conceitos, ações e práticas, que uma vez articuladas, permitam criar condições para o tão desejado modelo de desenvolvimento sustentável ecológica e economicamente.

Especial ênfase é dada às idéias axiais de planejamento ambiental, sob o enfoque do binômio Ecologia-Economia. Por *Ecologia* entende-se não apenas em seu viés biológico, mas também como todo o conjunto de processos interativos entre os sistemas constituintes de uma região em específico e a sociedade dos homens. Ecologia, portanto, é entendida como todo o conjunto de ciências do ambiente.

As bases de informações e, sobretudo, de conhecimentos desenvolvidos no projeto em estudo são voltadas para dois clientes típicos, a saber, os comitês de bacias hidrográficas e suas agências, por um lado, e os proprietários rurais e a ambos em inter-relação, dentro de uma ou mais bacias hidrográficas. Assim, neste núcleo procurou-se apreender o que pode haver de mais essencial em se tratando das questões de bacia hidrográfica voltadas para a gestão geo-ambiental e agrícola

das mesmas e nas relações entre dois tipos de agentes que são os comitês de bacia, com o braço técnico das agências de bacia. Todos os enfoques nas rodas recobrem as ciências ambientais e econômicas e, no caso abordado, envolvem pedologia, lito-estratigrafia, drenagem, química de águas de fontes.

Por certo, as prefeituras poderão se beneficiar do sistema pela ampla proximidade de questões, completando-se assim um quadro de clientes preferenciais. Outro tipo de cliente são os estudantes; quaisquer estudantes que queiram refletir sobre essas questões tão prementes em nossos tempos literalmente difíceis pela dificuldade humana em lidar com as questões econômicas e ecológicas e com os impactos já gerados e em cursos nos sistemas naturais.

Neste artigo, apresentam-se os resultados do projeto GZRP por sobre da estruturação prévia de organização de um organograma ORCI com o seguinte enfoque conceitual:

- Seleção dos conceitos básicos essenciais sobre as relações dos grandes temas da partilha de recarga para planejar e gerir programas de gestão e projetos de feição própria à idéia de desenvolvimento eco-sustentável em um amplo quadro de suporte científico, técnico e operacional com modelos gestionários, bem como com uma ampla base de dados cartográficos.

O assunto da partilha de recarga de aquíferos entre bacias de 2ª ordem é, sem dúvida, um assunto sobre áreas sensíveis dentro de bacias hidrográficas. Assim o tema envolve a demanda de um sistema de arquitetura de conhecimentos para que o modelo de gestão possa emergir de modo o mais adequado possível.

A aplicação dos resultados do projeto dentro de um modelo de gestão envolve, portanto:

1 - conceitos epistemológicos precisos definidos com respeito às ciências utilizadas, mas contextualizados aos princípios normativos das idéias propostas;

2 - produtos semióticos de representação geométrica que permitam uma visão da forma das relações no espaço e no tempo dos dados hidrogeográficos de um ano hidrológico;

3 - estrutura de informações orientada para armazenar modelagens posteriores dos processos tanto de modo matemático quanto técnico, a serem representadas nos vetores conectivos da modalidade espacial e da modalidade física;

4 - um amplo conjunto de bases de dados e de informações temáticas alfas-numéricas e cartográficas referentes a esse projeto, em exclusivo.

METODOLOGIA

Fundamentos

O sistema sisORCI é centrado em engenharia e arquitetura de conhecimentos. Sua natureza é pluridisciplinar e interdisciplinar, regida pelos seguintes conceitos maiores:

1 – um embasamento epistemológico de fundo transdisciplinar, que constitui os diversos conhecimentos setoriais em um único sistema integrado de conhecimentos;

2 – a possibilidade de informar sobre decisões tanto com bases conceituais quanto cartográficas;

3 – uma abordagem didática própria em que o usuário possa percorrer amplas e expressivas partes das ciências concernidas de modo simples, direto, interligados e focadas nos aspectos citados nos 2 itens acima citados;

4 – no sistema ORCI, os conhecimentos são apresentados sem hierarquia, a um modo mais próximo do que se pode reconhecer como equivalentes às “ligações neuronais”, com “sinapses” de todos os núcleos cognitivos a todos os outros, e algumas rotas de conexões como preferenciais ou mais portadoras de sentidos próprios (Figura 1);

5 – trata-se de um sistema dinâmico, em que as conexões preferenciais são indicadas, mas dentro das quais os usuários podem organizar as conexões de vários modos que lhes possam interessar, buscando construir sentidos que convenham para o problema real que possuam, ou para soluções que busquem desenvolver; este processo é denominado no sistema como “*construção de rotas propedêuticas próprias*”;

6 – o sistema ORCI é uma integração entre dois grandes campos epistemológicos de ciências, ou, que têm raízes cognitivas equivalentes para dois tipos de sistemas – o natural e o cultural, e que descrevem com as várias ciências as possíveis “trocas de informação, massa e energia” em suas mais amplas possibilidades de significantes e significados. Essa epistemologia ancora-se em uma ética baseada em conhecimentos esquematizados como os quatro E – ecologia / energia / economia / ética;

7 – a possibilidade de sempre se acrescentar ao sistema aperfeiçoando-o sempre a um modo de acesso simples às fontes de informações e à modelagem de conhecimentos tanto conceituais, cartográficas quanto matemáticas. Inclui-se a possibilidade de poder adicionar outros organogramas de rodas de correlações e impactos de modo a fazer sempre novos organogramas com novos temas em maior amplitude de detalhes;

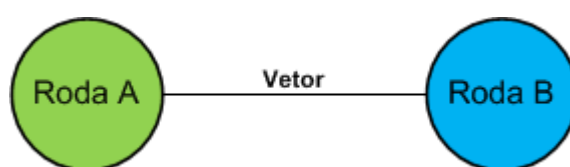


FIGURA 1 – Exemplo de Organograma Orci
Fonte: Elaborado pelo autor

A equivalência epistemológica é a base sobre a qual se constrói os produtos desse projeto no âmbito do sistema sisORCI, como o sistema de integração das complexidades desses dois grandes sistemas - natural e cultural. É sem dúvida um esforço de unificação dos pensamentos

ecológicos, administrativos e econômicos, assentado sobre a ciência da computação como um instrumento de integração.

Rodas de Correlações

Sistemas complexos são de difícil visualização em seus múltiplos aspectos e em suas funções várias que co-atuam e se retro-alimentam de diferentes formas, modos e tempos. Perceber sistemas complexos ou planejar sistemas complexos de conhecimento para auxílio à decisão, envolvendo diferentes modalidades tais como a ecológica, a econômica, a social, a educativa, a administrativa oferece o risco de se deixar passar coisas da maior importância, bem como outros pequenos aspectos também expressivos. Ademais, pode-se errar pela simples dificuldade de saber ver, prever e/ou planejar os diferentes tipos de articulações entre as partes que compõem o sistema complexo.

Toda a concepção das rodas de correlações e de impactos diz respeito a representações de relações entre conceitos de diversas ordens, ações de diversas ordens, interações institucionais, relações que possam unir no planejamento um programa de ações bem como outros temas.

Às rodas de correlações, concernem as definições e caracterizações epistemológicas e conceituais sobre o respectivo tema central. Em cada roda, apresentam-se temas complementares às definições ou caracterizações utilizadas no domínio de conhecimento, agregados em lista de modo que o acesso se faça apenas pelo interesse pessoal na extensão do tema de cada roda.

As rodas e os vetores que as acompanham, conectando-as, apresentam uma série de virtudes de representações cognitivas notáveis, a saber:

[1] cada roda pode representar um conceito epistemológico, ou metodológico, ou gerencial, ou educacional, ou tecnológico e ainda outros conforme surjam as questões referentes aos temas em planejamento.

[2] as rodas devem ser organizadas em categorias definidas aqui como principais, satélites, gerenciais, tecnológicas, educacionais, epistemológicas, especialistas, etc. que são estruturadas de modo conveniente à questão em foco; não será dada nenhuma informação pictórica sobre essas qualificações, mas que eventualmente, serão citadas no texto que explica a roda.

[3] todas as rodas são conectadas por vetores, nos quais se arquivam conceitos ecológicos, estruturas conceituais sobre a Natureza, conceitos econômicos, conceitos administrativos, modelos matemáticos, modelos de gestão, modelos de gestão pública, modelos de reflorestamento, procedimentos sobre a legislação dos comitês, bem como demais relações.

Todas as rodas são focadas em definições, conceitos, caracterizações o mais próximo possível de consensos já instaurados na comunidade científica. Em certos não existem exatos consensos ou no melhor as definições de uns de outros não coincidem. Tem-se sempre preferido estabelecer definições próprias que abranjam conteúdos de diversas tentativas de definição existentes. A rigor, tanto quanto foi possível tentou-se produzir as definições respeitando critérios que foram amplamente discutidos por Dooyeweerd (1958).

Vetores Conectivos

Em qualquer sistema organograma ORCI a organização das rodas no espaço representacional deve obedecer a uma geometria dinâmica que atenda:

[1] à lógica de conexões,

[2] a uma distribuição no espaço representacional que se evite ao máximo cruzamento de vetores, ainda que seja legítimo e/ou necessário às vezes cruzá-los e

[3] que se possa também fornecer uma condição de apreciação estética, isto é uma condição de harmonia na representação; tais condições implicam em uma geometria do

organograma que seja maximizada em informação e minimizada em ocupação de espaço, todavia maximizada em conexões e rotas propedêuticas.

Os vetores dentro do sisORCI são acionados como objetos, e assim será possível trazer à tela o tipo de conexão(ões) que liga(m) duas ou mais rodas de correlações ou impactos.

Duas rodas podem estar unidas por mais de um vetor e cada tipo de vetor terá uma representação própria. Esta será representada pelas espessuras, cores, setas diferentes e outros modos convencionados tal que todas as instâncias lógicas sejam representadas. Os vetores de conexões devem ser representados separadamente por tipo de conexão lógica, evitando-se acumular dois tipos de conexão em um mesmo vetor, mas se isso for necessário deve-se fazê-lo com indicações alfa-numéricas como no caso das seqüências das rotas propedêuticas.

Os vetores podem fazer conexões imediatas e conexões remotas e funcionam à semelhança de axônios transportadores de mensagens de conexão e/ou portadores de memória dos tipos de conexões. Se a opção axônio for a mais desejada pode-se multiplicar as conexões de modos bem mais numerosos, embora haja um limite próprio delimitado pelas condições lógicas inerentes. A opção axônio é muito própria das rotas propedêuticas.

Quanto aos conceitos ecológicos, muitos vetores comportam informações sobre fatos ecológicos específicos de uma área; isto pode significar que mapas possam estar agregados ao ambiente desses objetos; de todo modo a organização deste tipo de vetor tem muitas possibilidades tantas quantas sejam derivadas, desde conexão com bases de dados brutos até altos produtos científico-epistemológicos das abordagens disciplinar, pluridisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.

Estrutura Geral dos Vetores

Os vetores têm uma estrutura geral única e abrangente, que é utilizável em cada situação de modo específico. Assim, se obedece aos conceitos de modalidades cósmicas próprio da Teoria

epistemológica de Dooyeweerd (1958) e Stafleu (1980), por se apresentarem como excelente descrição e com articulação de inter-relações adequadas.

Partimos da obra seminal de Herman Dooyeweerd (1958) que fornece fundamentos epistemológicos para análise de descrição do cosmos ou mundo com unidades irreduzíveis e interligadas no mundo real. Cada modalidade constitui parte e sistemas do mundo com suas formas de ser e de relacionar dentro de seu próprio âmbito como entre os diversos sistemas de cada modalidade. O Conjunto do mundo é visto como integral e inseparável.

A noção de modalidades é dada de modo muito forte pela noção de significado, que nessa escola de pensamento se traduz pela máxima — “a realidade é significado” — o que traduz que cada coisa do Universo empresta significado a outras e recebe dessas outras ou de outras ainda os seus próprios significados. Os significados podem ser de diversos tipos tanto físicos, bióticos, semânticos e ainda outros mais de acordo com os aspectos de cada modalidade. Por outro lado, pode-se dizer que tudo é significativo em sua modalidade própria, e tudo é significado ao mesmo tempo, dependendo do tipo de relacionamento que esteja ocorrendo e em observação.

Conhecimento em Contextos

No sistema sisORCI todo o conhecimento é organizado em contexto. Com isso quer se dizer que as relações imediatas, mediatas e longínquas estão na forma de agregar os conhecimentos. Isto é particularmente notável nas relações entre os temas das várias rodas, entre aquelas que são localizadas na vizinhança umas das outras e aquelas que são mais distantes entre as mesmas. Em ambos os casos pode haver conexões diretas via vetores, conexões múltiplas via vetores, e conexões indiretas do tipo de uma roda a outra e dessa outra, a outra.

Os vetores apresentam ainda um outro tipo de contextualidade de conhecimentos, a saber:

1 – todos os vetores têm a mesma estrutura interna potencial, isto é, estão estruturados segundo a seqüência do conceito das modalidades cósmicas de Herman Dooyeweerd (1958).

2 – todo vetor tem em todos os organogramas os subcampos de conhecimentos comuns.

3 – em cada caso de vetores entre as várias rodas estarão iluminadas as modalidades de correlações que forem convenientes a cada caso, podendo um texto ou programa aparecer mais de uma vez entre vetores que conectem rodas diferentes em função dos conteúdos atenderem de modo indistinto os temas de mais de 3 rodas correlacionáveis entre as mesmas.

Resultados e Discussão: Construção do Organograma de Rodas e Correlações para Recarga de Aquíferos

O organograma ORCI referente ao contexto epistêmico de Recarga de Aquíferos foi elaborado a partir de reuniões com a equipe técnica do projeto. Foram seguidas, quando cabível, as orientações para elicitación de conhecimentos especialistas propostas pelo método CommonKads (Schreiber *et al.*, 2000). O Organograma representa o ponto de partida para todos os demais processos de formalização de conhecimentos do projeto. Além disso, há a opção desse organograma servir como portal de acesso, via internet, para os demais conteúdos do projeto GZRP.

No desenvolvimento do organograma geral, foram executadas as seguintes etapas:

- 1 – Elaboração de listas com os temas abordados pelo projeto GZRP.
- 2 – Organização dos temas na forma de Rodas de Conteúdo.
- 3 – Estabelecimento de uma estrutura espacial e de conexão vetorial entre as rodas.
- 4 – Designação das tonalidades das rodas de conteúdo, partindo dos organogramas sisORCI já existentes, e adaptando aos agrupamentos fenomenológicos de cada roda (ver Tabela 1).
- 5 – Adequações semióticas finais.

O organograma pode ser analisado na Figura 2. Pode-se perceber a existência de subsistemas e de constelações entre os conteúdos analisados, por meio de uma análise conjugada da distribuição espacial, das conexões vetoriais e das tonalidades das rodas.

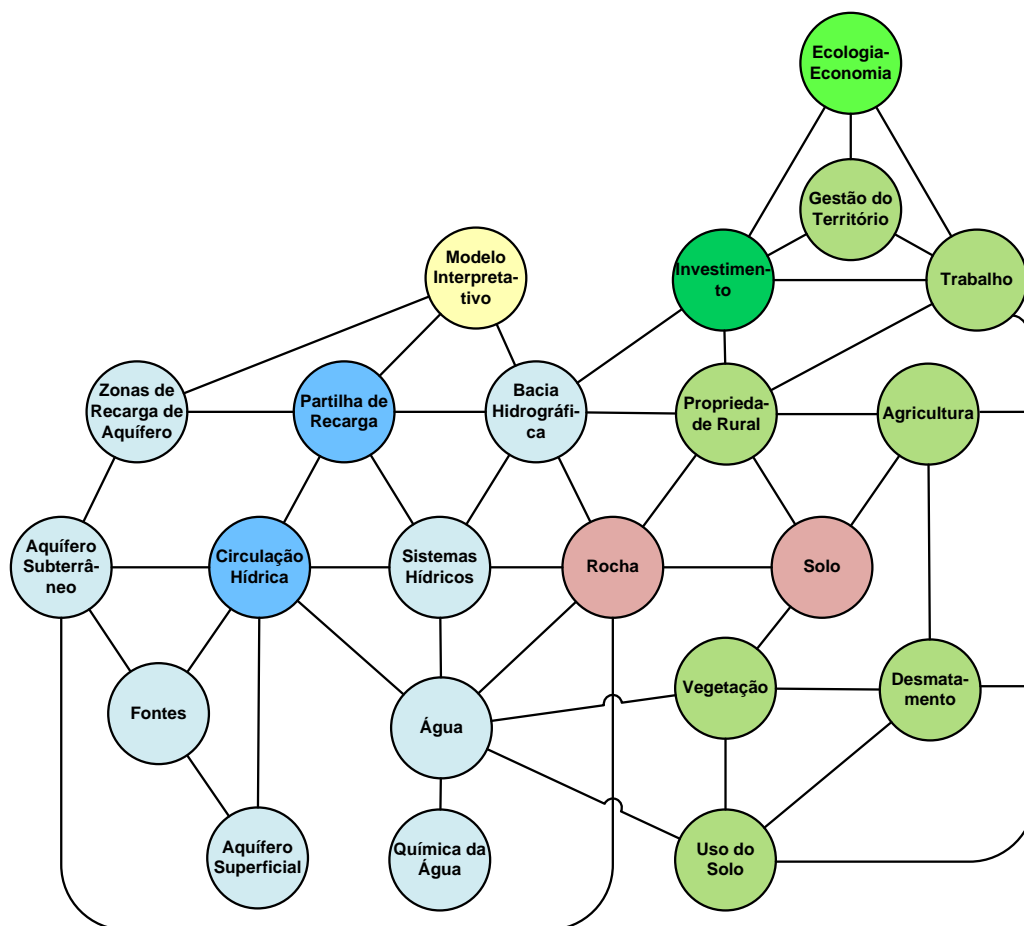




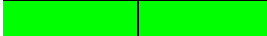


FIGURA 2 – Organograma ORCI para Zonas de Recarga de Aquíferos. No organograma ORCI não existe hierarquia, mas relações seqüenciais, em paralelo e/ou em simultaneidade. São relações conceituais, sistêmicas, por vezes hierárquicas, de sensibilidade e outros tipos.

Fonte: Elaborado pelo autor

TABELA 1

Relações entre as Tonalidades das Rodas de Conteúdo e os Fenômenos abordados pelo projeto GZRP

Tonalidade		Fenômenos Relacionados
	Azul Claro	Sistemas Hídricos
	Azul Escuro	Processos hídricos dinâmicos
	Rosa	Rochas e Manto de Intemperismo
	Verde Claro	Processos relacionados à cobertura e uso da terra
	Outros verdes	Sistemas econômicos e financeiros

Fonte: Elaborado pelo autor

Para cada uma das rodas de conteúdo, elaborou-se um texto explicativo, que poderá ser acessado pelo portal na rede mundial de computadores. Os textos explicativos constam no Relatório Final do Projeto GZRP (MARTINS et al., 2007; 2009).

Uma versão preliminar do sistema de informações foi modelada em linguagem html e CSS, por meio da técnica de hiperlinks e posicionamento de imagens. Nessa versão, o usuário pode selecionar as rodas e vetores e acessar o conteúdo disponível (Figura 3). Esse portal está disponível em www.cetec.br/sisorci.

Sistema ORCI[®]
Organograma das Rodas de Correlações e Impactos

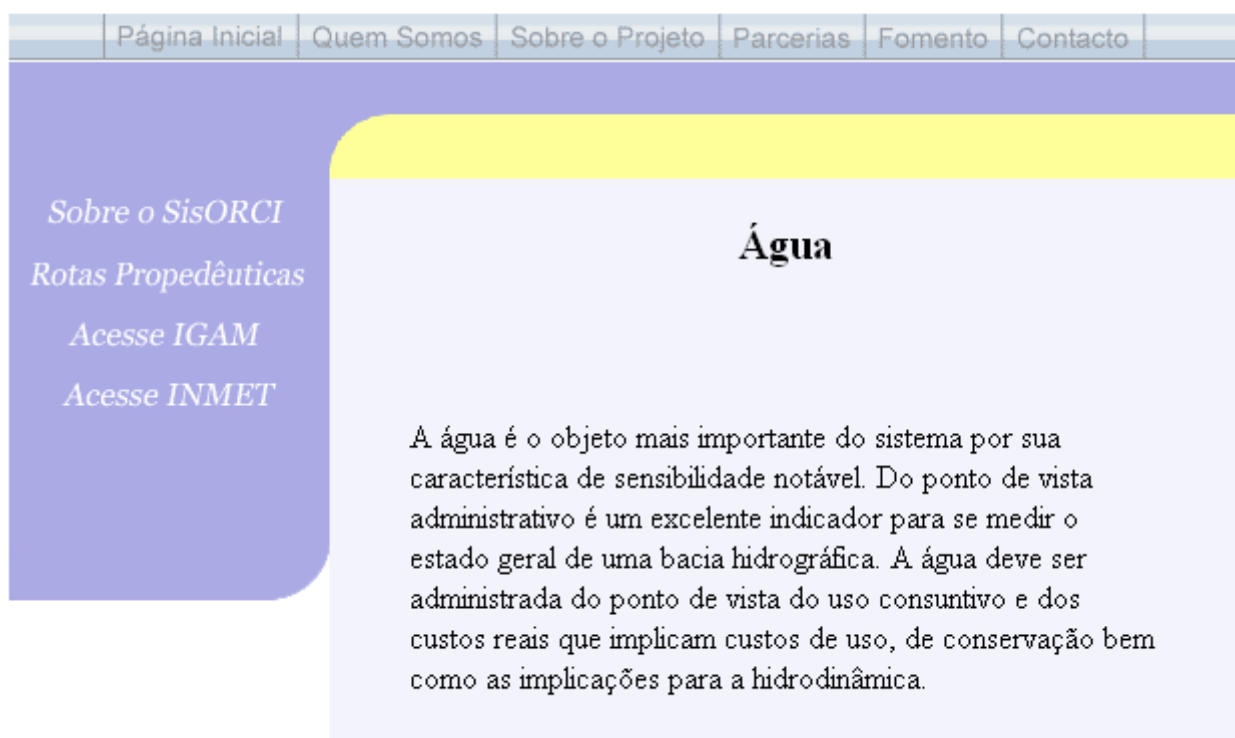


FIGURA 3 – Conteúdo de uma roda do sistema ORCI, acessível ao usuário por hyperlink.
Fonte: Elaborado pelo autor

O detalhamento das relações vetoriais entre as rodas foi realizado com base na teoria das modalidades cósmicas de Herman Dooyeweerd (1958). A Tabela 2 mostra um excerto de como o conteúdo elaborado no projeto GZRP se distribui entre os vetores e as modalidades cósmicas, informando também os produtos de informação gerados.

TABELA 2

Extrato de Conteúdo do Projeto GZRP referente aos vetores do organograma ORCI e algumas modalidades cósmicas de Dooyeweerd, bem como aos respectivos produtos informacionais gerados

		Modalidades				Produtos Gerados
		Nu mé rica	Esp acia l	Físi ca	Biót ica	
Roda com Roda (Vetor)						
Modelo Interpretativo	Zonas de Recarga de Aquíferos					Texto, Cartografia
Aquífero Subterrâneo	Zonas de Recarga de Aquíferos					Texto, Cartografia
Aquífero Subterrâneo	Fontes					Cartografia, Tabela de Química das Águas, Fotografias, Cartografia
Aquífero Subterrâneo	Circulação Hídrica					Texto
Circulação Hídrica	Fontes					Texto, Tabelas de Química das Águas, Fotografias, Cartografia
Circulação Hídrica	Aquífero Superficial					Cartografia
Fontes	Aquífero Superficial					Cartografia

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, iniciaram-se os demais processos de formalização de conhecimento, evidenciando algumas relações de abstração, classificação e hierarquia sobre alguns dos temas apresentados no organograma geral. Na Figura 4, apresenta-se uma classificação ontológica por meio da ferramenta Protégé (KNUBLAUCH et al., 2004).

O diagrama ontológico apresenta uma visão por classes e subclasses das entidades ontológicas – todavia, não visualiza com eficácia as temáticas conceituais, nem representa as relações entre as entidades. Inobstante, a estrutura Shrimp (STOREY et al., 2002) é uma via eficiente para se detalhar certas relações de classificação que não ficariam explícitas no organograma ORCI. A visada de classes e sub-classes apresenta-se como um passo importante para subseqüentes trabalhos de modelagem mais próximas ao programador, como a linguagem UML

(BOOCH et al., 1999). Além disso, o Protégé apresenta a funcionalidade prática de suporte para exportação direta em Ontology Web Language – OWL (SMITH; WELTY; MCGUINNESS, 2004).

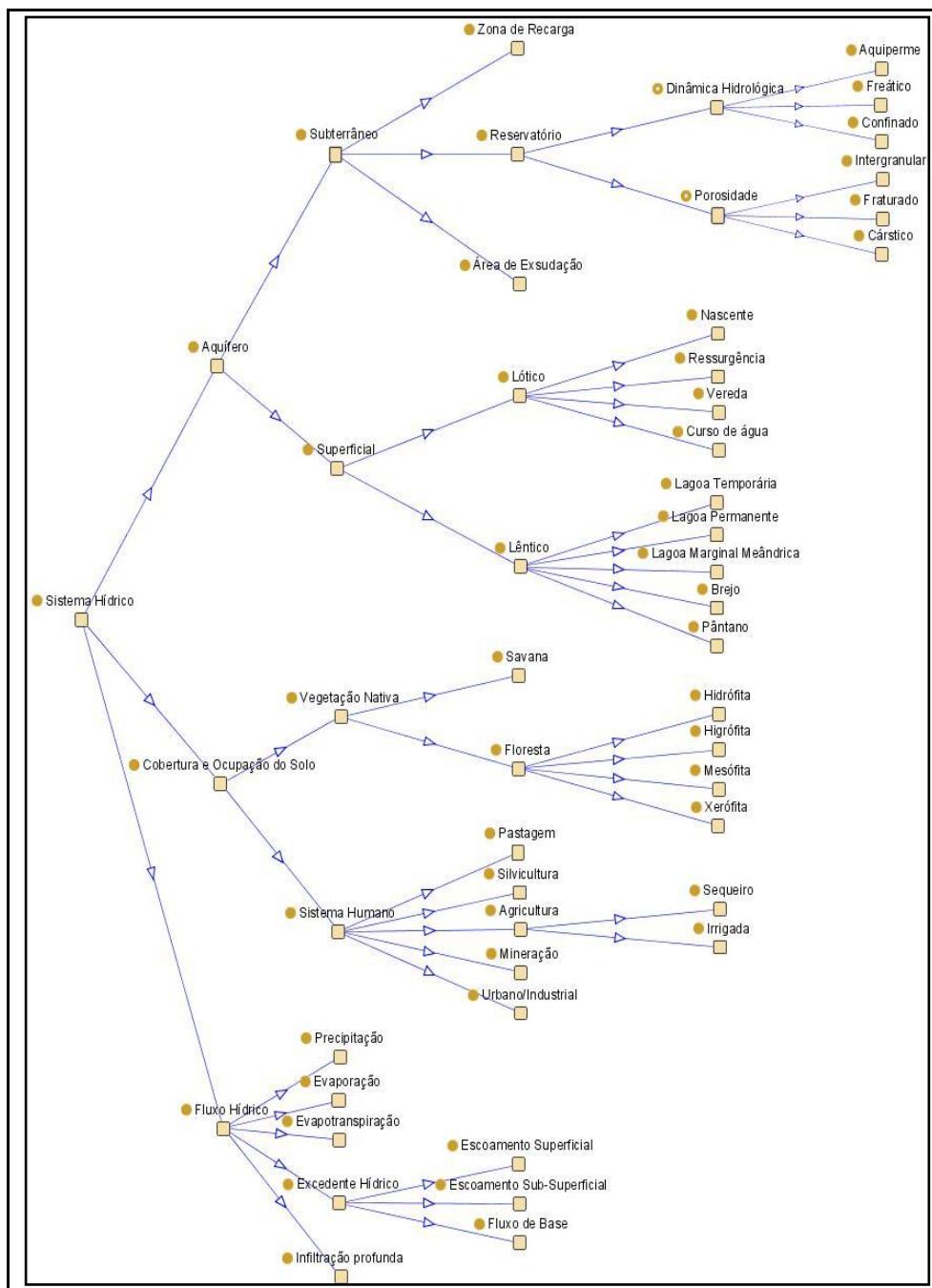


FIGURA 4 – Grafo ontológico da estrutura sistema e subsistemas para gestão de aquíferos, pela visualização em referência Shrimp, da plataforma de manipulação Jambalaya (STOREY et al., 2001), acessada via programa Protégé
Fonte: Elaborado pelo autor

O etapa seguinte na formalização lógica do conhecimento consiste na modelagem em UML, sob a metodologia CommonKads (SCHREIBER et al., 1999). Os trabalhos inseridos na linha de trabalho de engenharia de conhecimentos e CommonKads encontram-se no Relatório Final do Projeto GZRP (MARTINS JUNIOR et al., 2007; 2009). Dentre os produtos desenvolvidos, de forma a focar a possibilidade de estruturação de bancos de dados, foram elaborados diagramas de classe expondo as principais entidades e relacionamentos do domínio de recarga de aquíferos (Figuras 5 e 6). Para a gestão de aquíferos, tratando-se de um conhecimento de caráter mais procedimental, foi elaborado um diagrama de atividades (Figura 7).

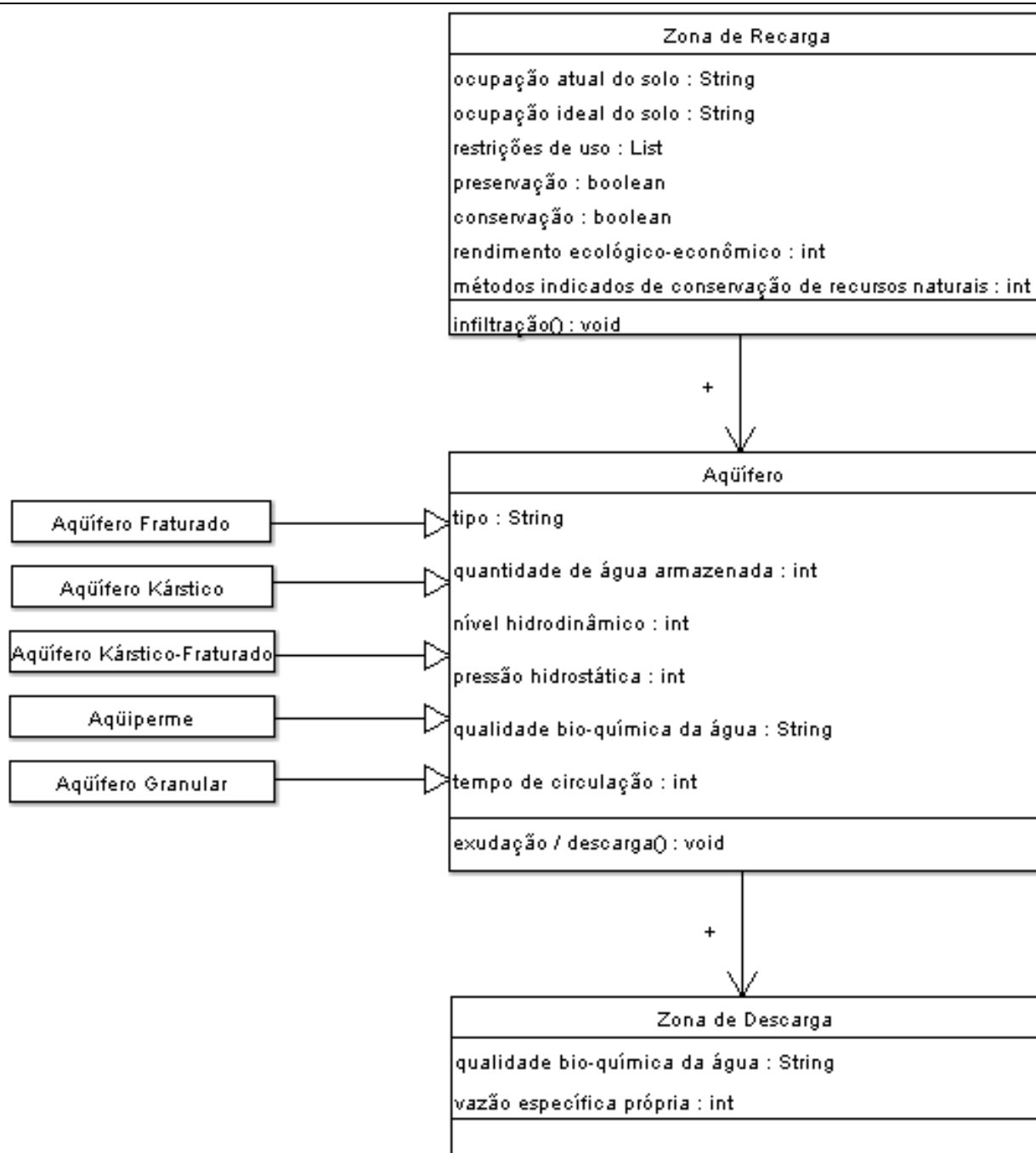


FIGURA 5 – Diagrama de classes em nível de contexto em UML; são indicados os objetos geológicos (ZRAs, reservatórios de aquíferos e zonas de descarga). Processos naturais e/ou induzidos podem alterar as taxas de trocas de energia e massa. Os métodos de segurança (conservação, ocupação ideal, restrições de uso, rendimentos, métodos de conservação) são programáveis. Símbolos: int – informação numérica; string – informação textual; boolean - informação lógica; void – funções com valor a ser preenchido de acordo com as instâncias determinadas; list – lista de variáveis.

Fonte: Elaborado pelo autor

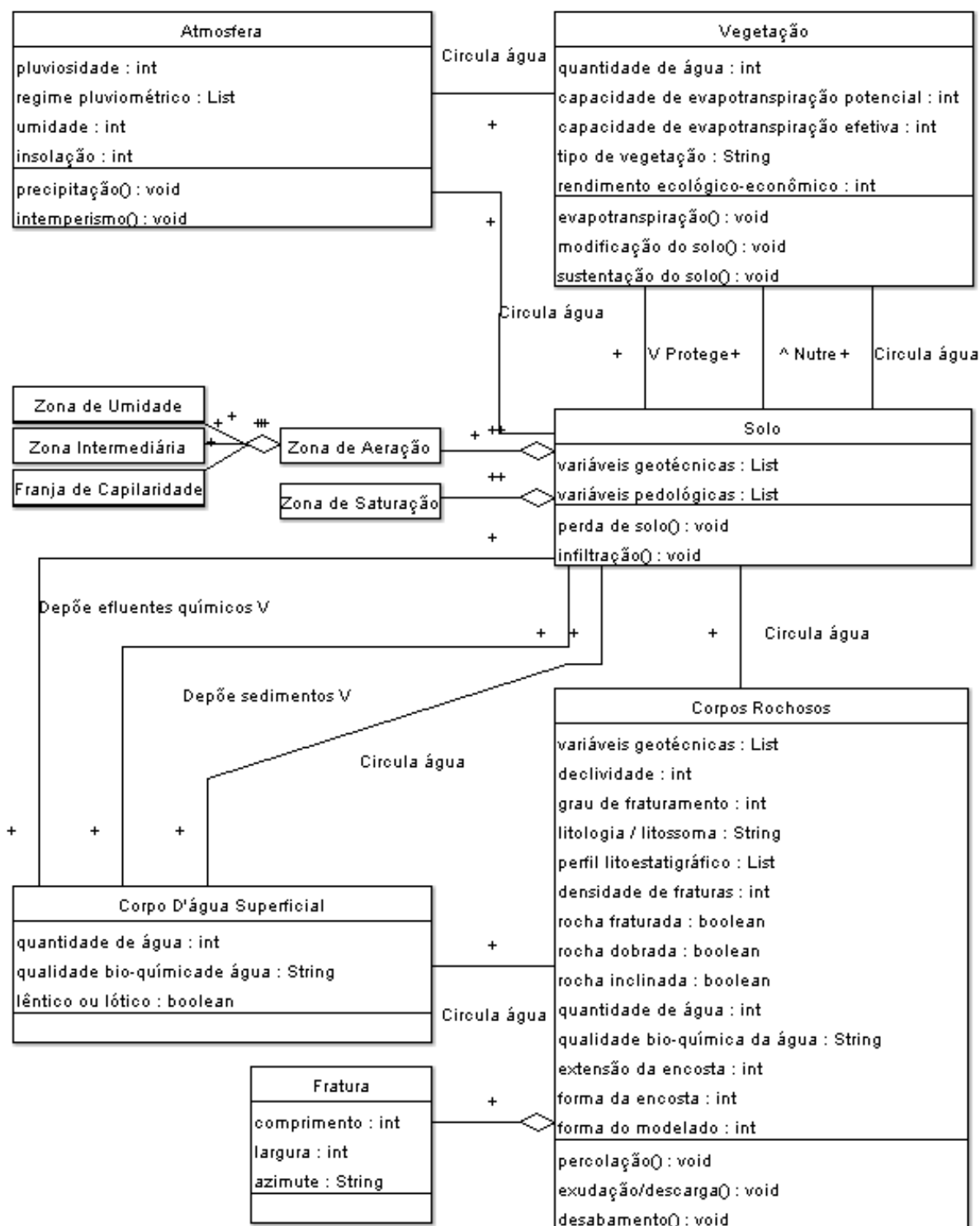


FIGURA 6 – Diagrama de Classes UML em nível de contexto, em que os objetos e processos são representados segundo visão delineada a partir dos sistemas ambientais delimitados. O organograma ORCI (Figura 2) apresenta-se como fase preliminar para a formalização deste diagrama.

Fonte: Elaborado pelo autor

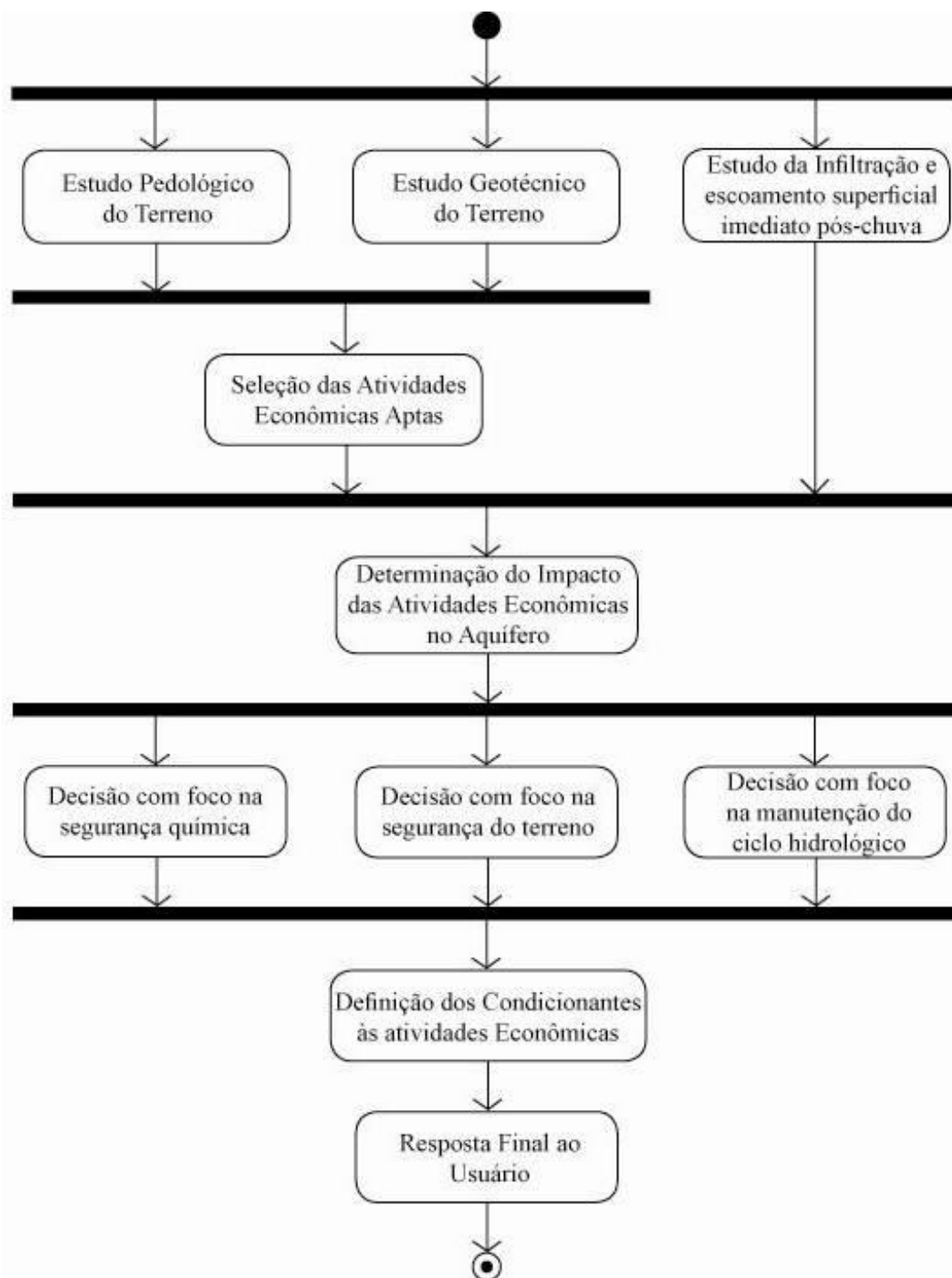


FIGURA 7 – Diagrama de Atividades em nível de contexto para pesquisas. Consideram-se, para auxílio à decisão as condições limites (área de preservação, área de conservação, segurança química, métodos obrigatórios de segurança geotécnica, compatibilidades recíprocas e incompatibilidades entre os vários parâmetros).

Fonte: Elaborado pelo autor

CONCLUSÕES

A noção de organogramas de correlações e impactos é uma noção propedêutica e didática. Oferece fundamentos para integrar conhecimentos em diversos níveis da complexidade social, tecnológica e ecológica.

A metodologia ORCI mostrou-se bastante eficaz para trabalhos de modelagem de conhecimento em alto nível de abstração. A sua aplicação auxiliou na compreensão e na gestão do conhecimento pelos membros da equipe multidisciplinar envolvida no projeto GZRP. Nesse aspecto, resultou em uma documentação consistente e na disponibilização dos trabalhos por meio do portal sisORCI na internet. A metodologia ORCI também se mostrou viável para a transição para técnicas e linguagens de modelagem mais específicas de amplo uso, como OWL, UML e CommonKads.

Como proposição para trabalhos futuros, abre-se a possibilidade de desenvolver um sistema web em que o internauta possa elaborar seu próprio organograma ORCI, além de preencher os hiperlinks com o conteúdo disponível. As rodas de correlações e impactos são apresentadas no sistema com um processo de construção textual e/ou gráfica que ao fim de um processo de salvamento em pasta própria na máquina do usuário se transforma em um organograma pessoal de rodas e correlações, organizado segundo o interesse do usuário. Esses organogramas poderiam estar restritos para uso pessoal ou mesmo serem disponibilizados para visualização e/ou edição por outros usuários. A documentação conceitual desse sistema, em padrão de UML, pode ser acessada em Martins et al. (2007). O sistema encontra-se em fase de desenvolvimento, com implementações em Framework Symfony C#, Asp.net., Java, Ajax, SQL, PHP, HTML e CSS.

A aplicação de modelagem apresentada neste artigo coloca-se como uma propícia possibilidade para o desenvolvimento de sistemas especialistas de auxílio à decisão em gestão de aquíferos. Um caminho promissor de modelagem envolve o detalhamento dos diagramas visando o trato por Sistemas de Informação Geográfica - SIG. Para tanto, podem ser úteis as proposições teóricas sobre geo-ontologias (Fonseca, Egenhofer e Borges, 2000; Dias, Câmara e Davis Jr., 2005; Fonseca, Câmara e Monteiro, 2006; Wang, Li e Song, 2008; e várias outras obras), de forma a

vincular-se aos debates já existentes sobre representação, estruturação, tratamento e gestão sobre informações especializadas em geociências.

REFERÊNCIAS

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The unified modeling language user guide, UML**. 6th printing. Boston: Addison Wesley Publishing Company, 1999.

DIAS, Taciana de Lemos; CÂMARA, Gilberto; DAVIS JR, Clodoveu A. **Modelos Espaço-Temporais**. INPE. São José dos Campos. Index. INPE-12832-PRE/8122, 2005. 34 p.

DOOYEWEERD, H. **A New Critique of Philosophical Thought**. Amsterdam, Philadelphia: Presb. and Ref. Publ. Co., 1953; 1958.

FONSECA, F., CAMARA, G.; MONTEIRO, A. A Framework for Measuring the Interoperability of Geo-Ontologies. **Spatial Cognition and Computation**, v. 6, n.4, p. 307-329/2006.

FONSECA, F.; EGENHOFER, M; BORGES, K. Ontologias e interoperabilidade semântica entre SIGs. 2000. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 2., 2000 São Paulo. **GeoInfo**. São Paulo, SP: [s.n.], 2000.

FURNIVAL, A. C. Delineando as limitações: sistemas especialistas e conhecimento tácito. **Ciência da Informação**, v. 24, n 2, p. 204-210, 1995.

GUIMARAES, E. M. P; EVORA, Y. D. M. Sistema de informação: instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 1, Apr. 2004 .

KNUBLAUCH, H. et al. The Protégé OWL Plugin: an open development environment for semantic web applications. **Lecture Notes in Computer Science**. Springer Berlin / Heidelberg 0302-9743 (Print). 1611-3349 (Online) Volume 3298/2004. The Semantic Web – ISWC 2004 10.1007/b102467 2004 978-3-540-23798-3. User Interfaces and Visualization 229-243. Tuesday, October 19, 2004

LIMA, G. Â. B. Mapa Conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistemas de hipertextos e seus aspectos cognitivos. **Revista Perspectiva em Ciência da Informação**, v.9 n.2, p.134-145, jul/dez. 2004.

MARTINS JUNIOR, P. M. **Epistemologia fundamental**: apostila Pré-Livro. Belo Horizonte: Fundação Cetec; Escola de Minas de Ouro Preto, 2000

_____. et al. Modelo de Integração de Conhecimentos Geológicos para Auxílio à Decisão sobre uso da Terra em Zonas de Recarga de Aquífero. **Revista Brasileira de Geociências (RBG)**, v. 36, n. 4, p. 12, 2003 .

_____. et al. **Projeto ACEE – Arquitetura de Conhecimentos em Ecologia-Economia.** MCT/CNPq 2005-2007. Relatório Final em 2007.

_____. (Coord.). **Projeto CRHA:** conservação de recurso hídrico no âmbito da gestão ambiental e agrícola de bacia hidrográfica. Belo Horizonte: FAPEMIG; Fundação CETEC (Memória Técnica). Relatório Final e Notas Técnicas, 2003; 2006.

_____. et al. **Projeto GZRP - Gestão de Zonas de Recarga de Aquíferos Partilhadas entre as Bacias de Paracatu, São Marcos e Alto Paranaíba.** CETEC/FAPEMIG - 2007-2009.

MARTINS JUNIOR, P. P.; FREIRE, S. A. Múltiplas Portas Traumáticas? Múltiplas Portas Terapêuticas!. In: CONVENÇÃO BRASIL LATINO AMERICA, CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO PARANAENSE DE PSICOTERAPIAS CORPORAIS. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. **Anais...** Centro Reichiano, 2004. CD-ROM. [ISBN – 85-87691-12-0].

SCHREIBER, G. et al. **Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology.** Boston: Bradford Book, The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology/Cambridge, London, 1999.

SMITH, M. K., WELTY, C.; MCGUINNESS, D. L. **OWL Web Ontology Language Guide.** W3C Recommendation 10 February 2004. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>>.

STOREY, M.A. et al. Jambalaya: Interactive visualization to enhance ontology authoring and knowledge acquisition in Protege. In: WORKSHOP ON INTERACTIVE TOOLS FOR KNOWLEDGE CAPTURE, Victoria, B.C. Canada, October, 2001.

STOREY, M.-A., C. BEST, J. MICHAUD, D. RAYSIDE, M. LITOIU, and M. MUSEN, "SHriMP views: an interactive environment for information visualization and navigation." In: **Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computer Systems (CHI 2002)**, Minneapolis, Minnesota, USA, April 20-25, 2002, pp. 520-521.

WANG, H., LI, L., SONG, P.-C. Design of Geo-Ontology Based on Concept Lattice. The International. **Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Beijing, v. 37, p. 709-714, 2008

Recebido em: 27/10/2010
Publicado em: 31/07/2011