



**COPPE/UFRJ**

UMA ABORDAGEM ORIENTADA A CONHECIMENTO PARA A  
GESTÃO DE MODELOS CIENTÍFICOS

Halisson Matos de Brito

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Julia Celia Mercedes Strauch

Rio de Janeiro

Abril de 2010

UMA ABORDAGEM ORIENTADA A CONHECIMENTO PARA A  
GESTÃO DE MODELOS CIENTÍFICOS

Halisson Matos de Brito

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

---

Profa. Julia Celia Mercedes Strauch, D.Sc.

---

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.

---

Prof. Geraldo Zimbrão da Silva, D.Sc.

---

Profa. Adriana Santarosa Vivacqua, D.Sc.

---

Profa. Maria Claudia Reis Cavalcanti, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2010

Brito, Halisson Matos de

Uma abordagem orientada a conhecimento para a  
Gestão de Modelos Científicos / Halisson Matos de Brito. –  
Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

VIII, 125 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Julia Celia Mercedes Strauch

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de  
Engenharia de Sistemas e Computação, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 98-104.

1. Gestão do Conhecimento. 2. Gestão de Modelos. 3.  
Trabalho Colaborativo. I. Souza, Jano Moreira de *et al.* II.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa  
de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus pela realização deste trabalho, pois foi efetivamente quem permitiu que eu chegasse até aqui.

À minha companheira Elizete por estar sempre ao meu lado durante toda essa jornada, com amor e paciência.

A meus pais Genivaldo e Inês, e a minhas irmãs, Leyna e Liziane, que mesmo à distância nunca deixam de torcer por mim e me apoiar em tudo.

A meu orientador, Prof. Jano Souza, pela orientação, confiança e por nunca deixar faltar ideias.

À minha co-orientadora, Profa. Julia Strauch, pela dedicação a este trabalho, pelos conselhos e pelo grande incentivo.

À Profa. Carla Osthoff, pelo apoio e ajuda, especialmente junto à Rede GEOMA.

Aos professores Maria Cláudia Cavalcanti, Adriana Vivacqua, Geraldo Xexéo e Geraldo Zimbrão, por terem aceitado prontamente o convite para participar da banca, mesmo diante do pouco tempo que dispõem.

A todos os meus colegas do doutorado, que me ajudaram a refinar esta proposta, nas nossas reuniões, além do companheirismo. Em especial aos meus amigos Jonice Oliveira e Wladimir Meyer, pelas constantes conversas e ideias.

Às funcionárias da linha de Banco de Dados, Patrícia Leal e Ana Paula, por estarem sempre prontas a ajudar.

A todos os meus colegas e professores da COPPE, que com certeza têm alguma contribuição neste trabalho e na minha formação acadêmica.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

UMA ABORDAGEM ORIENTADA A CONHECIMENTO PARA A  
GESTÃO DE MODELOS CIENTÍFICOS

Halisson Matos de Brito

Abril/2010

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Julia Celia Mercedes Strauch

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

O desenvolvimento e o uso de modelos científicos geram conhecimento relevante tanto para sua reutilização quanto para o desenvolvimento de novos modelos. Iniciativas distintas de gestão de modelos enfatizam o Ciclo de Vida da Modelagem, sem lidar com o conhecimento gerado em cada etapa desse ciclo. Este trabalho propõe um ambiente para utilizar a Gestão do Conhecimento como suporte ao desenvolvimento e utilização de modelos científicos. Na proposta, as fases do Ciclo da Gestão do Conhecimento são utilizadas em cada etapa do Ciclo de Vida da Modelagem, visando explicitar e registrar o conhecimento envolvido. Esse ambiente, baseado na *Web*, permite que equipes de pesquisa geograficamente distribuídas compartilhem modelos e conhecimento, ampliando as possibilidades de cooperação científica.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

A KNOWLEDGE-ORIENTED APPROACH TO SCIENTIFIC  
MODEL MANAGEMENT

Halisson Matos de Brito

April/2010

Advisors: Jano Moreira de Souza

Julia Celia Mercedes Strauch

Department: Systems Engineering and Computer Science

The development and use of scientific models generate knowledge that may be as relevant for the reusing as for the development of new models. Different model management initiatives deal with the modeling lifecycle with no concern about the knowledge generated in each step of the lifecycle. This work proposes an environment for using Knowledge Management to support the development and use of scientific models. In this work the steps of the Knowledge Management Cycle are applied to each of the Modeling Lifecycle steps, in order to explicit and register the involved knowledge. This web-based environment allows geographically distributed research teams share model and knowledge, increasing the possibilities of scientific cooperation.

## Sumário

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 – Contextualização.....	1
1.2 – Motivação .....	3
1.3 – Objetivos deste trabalho .....	4
1.4 – Organização da tese .....	4
Capítulo 2 – Conceituação e Revisão Bibliográfica .....	6
2.1 – Modelos .....	6
2.1.1 – Características de Modelos .....	7
2.1.2 – Taxonomias de modelos .....	12
2.2 – Gestão de Modelos .....	21
2.2.1 – Ciclo de Vida da Modelagem .....	22
2.3 – Gestão do Conhecimento .....	29
2.3.1 – Ciclo da Gestão do Conhecimento .....	30
2.3.2 – Processos da Gestão do Conhecimento .....	31
2.3.3 – Fatores Facilitadores da Gestão do Conhecimento.....	35
2.4 – Trabalhos Relacionados.....	36
Capítulo 3 – Proposta de um Ambiente Orientado a Conhecimento para a Gestão de Modelos Científicos.....	41
3.1 – Classificação de Modelos .....	41
3.2 – Integração entre o Ciclo da Gestão do Conhecimento e o Ciclo de Vida da Modelagem .....	46
3.3 – Apoio da Gestão do Conhecimento aos processos de modelagem no Ambiente MODENA.....	53
3.3.1 – Identificação do problema e seleção do modelo.....	54
3.3.2 – Identificação e Registro de Modelos .....	54
3.3.3 – Utilização de modelos.....	59
3.3.4 – Gestão do Conhecimento .....	60
3.3.5 – Decomposição, Composição e Reuso de Modelos .....	62
Capítulo 4 – MODENA: Um Ambiente para a Gestão de Conhecimento sobre Modelos Científicos.....	66

4.1 – Pesquisa sobre a Prática da Gestão do Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas .....	66
4.1.1 – Dados estatísticos sobre as respostas .....	66
4.1.2 – Breve análise dos dados estatísticos .....	69
4.2 – O Ambiente MODENA .....	69
4.2.1 – Requisitos .....	69
4.2.2 – O Modelo Conceitual do Ambiente .....	70
4.2.3 – A Arquitetura Proposta .....	77
4.2.4 – Ferramentas Utilizadas .....	78
4.2.5 – Exemplos de Funcionalidades do MODENA .....	79
4.3 – Exemplo de aplicação do ambiente MODENA .....	82
Capítulo 5 – Considerações Finais .....	85
5.1 – Contribuições deste Trabalho .....	86
5.2 – Trabalhos Futuros .....	87
5.2.1 – Execução de Modelos .....	88
Referências Bibliográficas .....	98
Anexo 1. Questionário sobre a Prática da Gestão do Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas .....	105
1.1. Introdução do questionário e identificação do respondente .....	105
1.2. Questões sobre Gestão do Conhecimento, Gestão de Modelo e afins .....	109
1.3. Espaço para comentários finais .....	124

# Capítulo 1 – Introdução

A pesquisa científica é frequentemente desenvolvida por atividades sem grande suporte de ferramentas computacionais que auxiliem o trabalho experimental. Muitas vezes os experimentos são definidos, preparados e realizados com uso apenas de processadores de texto e planilhas eletrônicas, como suporte às atividades-meio, além de softwares de simulação, especificamente para a realização da atividade-fim.

A pesquisa científica usualmente lida com fenômenos ou processos complexos e por vezes desconhecidos. Para lidar com essa complexidade e melhor conhecer esses fenômenos e processos, os pesquisadores buscam representá-los por meio de modelos. Assim, modelos são comumente partes componentes de experimentos científicos. Segundo CAVALCANTI (2003), um experimento científico pode ser caracterizado como um fluxo de transformações de dados que parte de dados brutos e produz dados com valor científico agregado. Um experimento, em geral, busca provar alguma hipótese formulada pelo pesquisador e possui um modelo subjacente (ou um conjunto de modelos), do fenômeno que se deseja provar. Dessa forma, modelos desempenham um importante papel na atividade científica.

## 1.1 – Contextualização

Modelos são representações simplificadas da realidade, que têm por objetivo abstrair a porção da mesma que interessa à solução de um problema em questão. Modelos são utilizados, em geral, com o propósito de reduzir a complexidade do problema, focar sua parte essencial, simular um fenômeno real e/ou reduzir custos.

Apesar do potencial de auxílio que os modelos podem ter no processo de pesquisa científica, eles são muitas vezes utilizados sem grande preocupação com o modo de armazenamento e gerenciamento. Da mesma forma, não é frequente que o conhecimento gerado e acumulado durante o processo de criação ou de utilização de um modelo seja capturado, armazenado ou gerenciado.

Os modelos desenvolvidos ou utilizados por um grupo de pesquisa são geralmente armazenados na forma de arquivos em diretórios da estrutura de arquivos do sistema operacional. Dessa forma, quando necessitam utilizar novamente um modelo, ou usá-lo como base para o desenvolvimento de um novo, os pesquisadores procuram

lembrar-se em quais arquivos a informação do modelo está descrita e onde esses arquivos estão armazenados.

De acordo com CAVALCANTI (2003), é a experiência prévia do cientista que guia a escolha de um modelo. No entanto, nem todo o conhecimento acumulado com essa experiência está facilmente disponível na mente do pesquisador. Para recuperar grande parte desse conhecimento, o cientista precisa ter acesso à documentação de experimentos prévios, especialmente com relação a modelos empíricos, onde os detalhes do contexto dos experimentos têm que ser analisados e a similaridade do problema em questão verificada. Nesse sentido, CAVALCANTI (2003) afirma que um sistema para catálogo de modelos pode ser bastante útil aos cientistas. Um sistema de gestão de conhecimento dando suporte ao sistema de catálogos pode constituir uma ferramenta ainda mais poderosa no auxílio ao trabalho científico.

Ao utilizarem modelos em suas tarefas, pesquisadores podem empregar algum existente ou mesmo desenvolver seus próprios modelos, caso não seja encontrado um que atenda aos objetivos da pesquisa. Caso opte tanto por desenvolver os modelos quanto por reutilizar modelos existentes, o pesquisador realiza – algumas vezes sem se dar conta – um conjunto de etapas que pode ser denominado “processo de modelagem” ou “ciclo de vida da modelagem”.

Segundo KRISHNAN E CHARI (2000), o desenvolvimento de um modelo é um processo complexo e iterativo durante o qual várias tarefas de modelagem devem ser realizadas. O suporte a cada tarefa constitui o suporte ao ciclo de vida da modelagem. Eles afirmam ainda que a gestão de modelos é a ferramenta que provê esse suporte e definem a gestão de modelos como o armazenamento e o processamento de uma coleção de modelos abstratos.

Durante o processo de gestão de modelos, dentro das atividades de utilização ou de desenvolvimento do modelo é gerado conhecimento que, em geral, fica “armazenado” somente na mente do pesquisador ou dos membros da equipe de pesquisa. De modo geral, os cientistas lidam com o conhecimento de forma semelhante aos membros de uma empresa, ou seja, quando alguém necessita do conhecimento sobre algum assunto, processo, ferramenta (ou mesmo um modelo), procura a pessoa que “possui” o conhecimento desejado. Apesar de esse procedimento funcionar em muitos casos, ele acarreta alguns problemas. Por exemplo, caso a pessoa venha a sair do projeto ou mudar de instituição, grande parte do conhecimento que ela possui deixa de pertencer à organização. O quão grande é a parte do conhecimento que é perdida

depende de como a organização lida com seu conhecimento. Para tentar extrair o máximo de conhecimento possível da mente de seus membros, explicitá-lo e tornar disponível aos outros membros da organização, é utilizado um conjunto de técnicas e conceitos denominado Gestão do Conhecimento.

A cada novo projeto de pesquisa novos modelos são desenvolvidos, muitas vezes sem utilizar grande parte do potencial de reaproveitamento de modelos já existentes, nem do conhecimento adquirido sobre eles. Pesquisadores, tendo os modelos que utilizam/desenvolvem armazenados em uma “biblioteca”, gerenciados por uma aplicação e tendo facilitada a captura e utilização do conhecimento obtido, têm maior possibilidade de compartilhá-los e de cooperarem entre si. Assim, percebe-se a importância da utilização de técnicas de Gestão de Modelos, aliadas a técnicas de Gestão do Conhecimento, para auxiliar as atividades de pesquisa e cooperação científica.

## **1.2 – Motivação**

Atualmente, a crescente consciência ambiental no Brasil e no mundo, além da escassez de recursos para observar o mundo real, têm conduzido o interesse de agências de financiamento públicas e privadas na atividade de modelagem relacionada a questões ambientais.

O uso de ferramentas computacionais para medições dos fenômenos ambientais, tratamento dos dados obtidos e modelagem de cenários ambientais, tem se tornado cada vez mais comum. Desse modo, modelos têm sido alvo de pesquisa científica na área ambiental por auxiliar na organização das ideias, no entendimento dos dados, na comunicação e na realização de testes de hipóteses e em previsões.

Nessas duas últimas décadas, o rápido desenvolvimento da infra-estrutura de computação distribuída, provocado pela crescente popularidade da Internet, tem revolucionado o processamento, gerenciamento e disseminação de informação científica. Os repositórios de dados têm evoluído de arquiteturas isoladas para uma infra-estrutura distribuída e compartilhada que vem incentivando o intercâmbio de conhecimento científico.

Além disso, a Gestão do Conhecimento tem se tornado um importante meio para capturar, compartilhar e disseminar o conhecimento dos membros de uma organização. Organizações de pesquisa também podem se beneficiar dessa técnica, uma vez que o compartilhamento do conhecimento entre seus membros é fundamental para alcançar a

inovação científica. Nesse sentido, o apoio da Gestão do Conhecimento à Gestão de Modelos pode auxiliar na redução do tempo de desenvolvimento e validação dos modelos, bem como na redução da sua curva de aprendizagem.

Há uma carência por parte de pesquisadores em ferramentas que auxiliem na Gestão do Conhecimento em suas atividades de modelagem. OLIVEIRA (2007) apresenta um sistema para suporte à Gestão do Conhecimento em organizações científicas como um todo. LEITE E COSTA (2007) propõem um modelo conceitual para a Gestão do Conhecimento em organizações científicas, baseado em processos de comunicação científica. Entretanto, não há trabalhos que suportem a Gestão do Conhecimento nas atividades de modelagem especificamente. Nas apresentações de nosso trabalho em palestras e reuniões em organizações que trabalham com modelagem, nas apresentações de nosso trabalho em congressos, bem como pela aplicação de um questionário sobre o tema, pudemos confirmar essa hipótese.

### **1.3 – Objetivos deste trabalho**

O objetivo deste trabalho é propor um ambiente para auxílio à atividade científica, utilizando a Gestão do Conhecimento como suporte à gestão do processo de modelagem. A proposta é constituída dos seguintes pontos:

- mecanismo aberto para classificação de modelos, a fim de permitir ao pesquisador utilizar as taxonomias de modelos que melhor se adequem ao seu trabalho;
- utilização do ciclo de vida da modelagem para gerenciar o desenvolvimento de modelos;
- utilização da Gestão do Conhecimento para apoiar o ciclo de vida da modelagem por meio da formalização e disponibilização do conhecimento envolvido nesse processo;
- suporte à execução (utilização) de modelos e ao conhecimento envolvido nesse processo.

### **1.4 – Organização da tese**

Para melhor compreensão da proposta, o presente texto foi organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 introduz os conceitos utilizados e apresenta trabalhos relacionados aos temas aqui abordados; o Capítulo 3 descreve a proposta deste trabalho,

indicando como se pretende realizá-lo; o Capítulo 4 traz a validação da proposta e o Capítulo 5 traz as considerações finais, apresentando as contribuições desta proposta e indicando possibilidades de trabalhos futuros. Por fim, o Anexo 1 apresenta o modelo de classes do banco de dados do ambiente proposto e o Anexo 2 apresenta o questionário desenvolvido para validar as premissas assumidas.

## Capítulo 2 – Conceituação e Revisão Bibliográfica

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos utilizados no trabalho proposto, juntamente com uma breve revisão da bibliografia sobre o assunto, além da apresentação de trabalhos relacionados.

### 2.1 – Modelos

Modelos, de modo geral, podem ser definidos como uma representação simplificada da realidade. Desse modo, modelos estão presentes em qualquer área do conhecimento, indo desde a química e a física até as engenharias; desde a matemática e a computação até a administração e a biologia.

Nesta seção serão apresentados conceitos, características e classificações de modelos em geral, bem como de modelos científicos – o tipo de modelos foco deste trabalho.

Diversos autores procuram definir modelos. Em sua maioria essas definições são específicas do tipo de aplicação ou do tipo de modelo das áreas em que eles trabalham.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), um modelo pode ser descrito como “um aspecto do mundo real que surja como interesse ao pesquisador, que possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução”.

De acordo com HAGGETT (1967) *apud* (CHRISTOFOLETTI, 1999), um modelo é uma “estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes”.

BERRY (1995) *apud* (CHRISTOFOLETTI, 1999) afirma que “um modelo é uma representação da realidade sob uma forma material (representação tangível) ou forma simbólica (representação abstrata)”.

É importante mencionar que embora modelos sejam aproximações subjetivas por não incluírem todos os detalhes da realidade, eles são valiosos devido a essa mesma característica, pois permitem o foco nos aspectos principais da mesma. Além disso, não é a realidade em si que se encontra representada, mas sim a visão de quem a modelou e a maneira como ele a percebeu e a compreendeu. Essa afirmação ressalta a importância da validação de modelos, tanto por outros modeladores quanto por simulações.

BAZZO (1996) diz que, em engenharia, um modelo é uma representação do *Sistema Físico Real* (SFR), ou parte dele, em forma física ou simbólica, convenientemente preparada para prever ou descrever o seu comportamento. Na prática, ao resolver um problema, é necessário afastar-se um pouco do SFR, simplificando-o adequadamente e substituindo-o por outro problema mais simples: o modelo.

Para KRISHNAN E CHARI (2000), um modelo é uma representação formal e abstrata da realidade e constitui um componente importante de Sistemas de Suporte a Decisão (ou *Decision Support Systems* – DSS). Segundo eles, modelos podem ser preparados para execução, em conjunto com dados, criando instâncias de modelos, que por sua vez são solucionadas por programas de computador executáveis, conhecidos como solucionadores (*solvers*).

Num viés mais filosófico, FRIGG (2005) afirma que modelos são veículos para se aprender sobre o mundo. Segundo ele, ao se estudar um modelo podemos descobrir características do sistema que o modelo representa, constituindo uma função cognitiva dos modelos. Essa característica de modelos seria considerada uma nova forma de raciocínio, chamado ‘Raciocínio Baseado em Modelos’ (*Model Based Reasoning*).

FRIGG (2005) afirma ainda que modelos possuem duas funções representacionais. O modelo pode ser uma representação de uma certa parte do mundo (sistema alvo), onde os modelos podem ser de fenômenos ou de dados, dependendo da natureza do sistema. O modelo pode representar uma teoria, uma vez que ele pode interpretar as leis e os axiomas da teoria. Essas duas noções não são mutuamente exclusivas, onde os modelos científicos podem ser representações nos dois sentidos ao mesmo tempo.

### **2.1.1 – Características de Modelos**

Modelos científicos, segundo COLEMAN (2003), possuem a característica de refletir a realidade, constituindo pequenas representações da mesma. Por isso, são mais simples que os fenômenos/processos que eles estudam ou modelam e se constituem em sistemas fechados. Qualquer situação real pode ser analisada se puder ser descrita em termos de equações matemáticas e/ou sistemas de regras. As características mais importantes da realidade devem ser corretamente incorporadas, enquanto que as menos importantes devem ser inicialmente ignoradas.

CHRISTOFOLETTI (1999), baseado em HAGGETT (1967), afirma que as principais características de modelos são:

- *seletividade* – a construção do modelo implica numa atitude altamente seletiva quanto às informações, na qual os ruídos e os sinais menos importantes são eliminados para permitir que se veja algo da essência do que se deseja modelar;
- *estruturação* – os aspectos selecionados da realidade são explorados em termos de suas conexões;
- *expressividade* – os modelos bem sucedidos contêm sugestões para sua ampliação e generalização;
- *simplicidade* – o modelo deve ser suficientemente simples de manipular e de se compreender pelos seus usuários, mas sem detrimento de ser representativo;
- *analogia* – os modelos são analogias porque são diferentes do mundo real ao mesmo tempo que mostram uma maneira aproximada de compreendê-lo;
- *replicabilidade* – o modelo não se apresenta apenas como descritivo de um caso, mas possibilita que seja usado para outros casos da mesma categoria.

Ainda segundo CHRISTOFOLETTI (1999) os objetivos mais comuns da modelagem são a comunicação de conceitos e a previsão a curto prazo, permitindo responder, prever ou comparar previsões de alternativas como sendo um instrumento de planejamento. A partir destas finalidades, ele estabelece que as principais funções dos modelos são:

- *psicológica* – possibilita que determinada categoria de fenômenos seja visualizada e compreendida, pois de outra forma não se poderia salientar sua complexidade e magnitude;
- *comunicativa* – constituem estruturas utilizadas para que os cientistas possam comunicar suas ideias e concepções;
- *promissora* – possuem um sentido gerador e fértil para novos enunciados e percepção de relações, tornando-se instrumentos promissores para se extrair dos dados o máximo de informações;
- *logicidade* – os modelos possuem uma função lógica, ajudando a explicar como acontece e se encadeia determinado fenômeno;

- *normativa* – possibilitam formular uma representação que permite a comparação de uma categoria de fenômenos com outras;
- *adequação* – devem apresentar adequabilidade à análise pretendida. Desse modo, não podem ser avaliados como sendo verdadeiros ou falsos, mas como sendo apropriados, corretos, ajustados, etc.;
- *previsibilidade* – em muitos casos, os modelos são construídos para fornecer previsões específicas como base para tomadas de decisão imediatas;
- *simulação de cenários possíveis em função de mudanças ambientais* – provêem suporte para a tomada de decisão e escolha entre os cenários simulados, através de previsões realizadas considerando as implicações de planos alternativos sem os custos de esperar ou colocá-los em prática;
- *relacionamento das mensurações dos processos a curto prazo com a evolução das formas a longo prazo* – não há maneira de medir diretamente mudanças a longo prazo – como exemplo, formas de relevo ou perfis de solo – de modo que os modelos se tornam necessários para extrapolar as informações a curto prazo para outras escalas temporais;
- *condensação espaço-temporal* – os modelos têm a função de condensar ou comprimir as escalas espaciais e temporais. Custos operacionais e a grandeza dos laboratórios geralmente demandam operacionalização em modelos em escalas reduzidas. Além disso, torna-se desejável aumentar a velocidade dos processos a fim de se obter resultados em tempo razoável;
- *desenvolvimento de “explicações” aplicáveis a todas as escalas* – o modelo pode assumir uma especificação “supra-espacial” e, ao ganhar aplicabilidade para ser utilizado em sistemas aninhados nas mais diversas escalas de grandeza espacial, pode ser adjetivado como de invariância escalar.

De acordo com COLEMAN (2003), aspectos importantes do desenvolvimento de modelos científicos são formulados a partir de questões chave do processo de modelagem. São eles:

- *propósito ou tipo do modelo* – qual o propósito do modelo?
- *objeto de estudo* – qual o objeto ou objetos que estão sendo modelados?
- *processo* – qual processo ou processos o modelo simula ou estuda?
- *fenômeno* – qual fenômeno o modelo simula, estuda ou busca explicar?

- *lei fundamental* – há alguma lei fundamental sobre a qual o modelo é baseado?
- *funções matemáticas ou estatísticas* – a lei fundamental pode ser expressa matematicamente? Qual a equação? Quais as funções matemáticas que o modelo utiliza?
- *variáveis* – quais as condições ou variáveis estudadas, modeladas, hipotetizadas ou geradas, sejam de entrada ou saída?
- *cobertura espacial* – qual a cobertura espacial do modelo (escala geográfica, sistema de referência, etc.)?
- *cobertura temporal* – qual a cobertura temporal do modelo (escala temporal, instante, intervalo, período geológico, período histórico, etc.)?
- *software* – qual software é necessário para executar o modelo? Qual a documentação disponível sobre o software? O código fonte do software está disponível?
- *hardware* – qual o ambiente de hardware do modelo?
- *pessoa/grupo que propôs o modelo original* – há uma teoria? Qual? Quem fez o trabalho? É possível identificar modelos originais que continuam a ser revisados, modificados e atualizados? Quais as relações bibliográficas existentes entre esses modelos?
- *disciplina* – qual a principal disciplina que pode ser determinada para o modelo? Essa questão é importante para promover colaboração interdisciplinar e recuperação de informações sobre os modelos;
- *replicação* – o modelo foi replicado?
- *materiais relacionados* – quais tipos de materiais relacionados existem sobre este modelo?

Cabe observar que essas questões permitem identificar uma série de informações diretas ou indiretas acerca do modelo, bem como permitem a explicitação de parte do conhecimento sobre o modelo, que em geral encontra-se somente na mente do especialista ou do profissional que realizou a modelagem.

BAZZO (1996) faz algumas considerações sobre a validade da utilização de modelos. Apesar dessas considerações se referirem à área de engenharia, elas podem seguramente ser aplicadas a modelos científicos. Segundo ele, é muito dispendioso, e nada prático, construir todas as alternativas possíveis do sistema físico real até se

encontrar uma solução satisfatória. Além disso, o processo direto de alguns sistemas, além de impraticável, pode ser destrutivo e perigoso. Vidas humanas podem correr riscos se exaustivos testes com modelos não comprovarem a segurança do que se pretende construir.

A precisão do processo pode ser aumentada através do aprimoramento do modelo, pois, como o problema está simplificado, tem-se condições de exercer um controle maior sobre o seu comportamento. É possível, em um menor espaço de tempo, fazer um exame da situação de muitas variáveis, determinando seus efeitos no desempenho do SFR. Com o crescente avanço no campo computacional, diversas combinações de variáveis podem ser analisadas mais rápida e economicamente, vários testes podem ser realizados e exaustivamente repetidos num curto espaço de tempo. Por fim, a abstração de um problema do seu equivalente real leva-o de um campo desconhecido para um campo familiar ao modelador.

Na mesma linha, FRIGG (2005) afirma que em situações em que o modelo seja bem validado e compreendido, experimentos computacionais podem até substituir experimentos reais, com vantagens econômicas e minimização de riscos.

Ainda de acordo com a visão de BAZZO (1996), os modelos são utilizados para:

- *pensar* – modelos são valiosos instrumentos de auxílio para visualizar e pensar acerca da natureza de um sistema e do seu comportamento;
- *comunicar* – os modelos, por facilitarem a descrição da natureza e do funcionamento destas criações, são muito utilizados para transmitir informações. Isto facilita a comunicação de projetos, a fim de aprová-los, construí-los, operá-los ou mantê-los;
- *prever* – ao examinar muitas possíveis soluções para um problema e decidir qual a mais adequada, pode-se usar o artifício de comparar os seus desempenhos utilizando modelos. Estes procedimentos economizam tempo e envolvem menos custos do que seriam necessários para uma experimentação do SFR;
- *controlar* – em algumas situações prepara-se o modelo e procura-se fazer com que o SFR o obedeça, tentando controlar a situação real baseado no que foi especificado no modelo;
- *ensinar e treinar* – os modelos são também usados como auxílio à instrução, além de possuírem grande utilidade prática da simulação participativa,

particularmente quando o custo de prováveis erros for elevado, tanto no aspecto de segurança quanto no econômico.

Uma das etapas importantes da modelagem é o processo de seleção de modelos, como afirma BANERJEE (1993). Sobre esse processo, a ênfase é no que o modelo pode fazer e não como ele o faz. Além disso, é necessário refinar as informações realmente importantes para a seleção de um modelo, fazendo com que o foco esteja em detalhes específicos do problema.

### **2.1.2 – Taxonomias de modelos**

Taxonomia, segundo os dicionários Aurélio (FERREIRA, 1999) e Houaiss (HOUAISS, 2001), constitui-se na ciência ou técnica de classificação. Assim, uma taxonomia de modelos descreve uma forma de classificar um modelo, ao passo que a classificação é o ato de qualificar um modelo de acordo com uma determinada taxonomia. Podemos considerar o ato de classificar um modelo como uma “instanciação” de uma taxonomia para o modelo. Após sua classificação, os modelos são agrupados em tipos ou “classes”.

A classificação de modelos é útil especialmente quando se deseja armazenar ou selecionar modelos. De acordo com CARDOSO (2001), a classificação dos modelos permite definir mecanismos de busca e seleção mais eficientes, bem como uma sistematização da identificação, organização ou extração dos dados relativos aos modelos.

A classificação de modelos varia muito de uma área de pesquisa para outra, ou até dentro de uma mesma área de pesquisa. Apesar de não haver um consenso sobre uma taxonomia geral, em alguns casos há pontos semelhantes que poderiam permitir o mapeamento de uma classificação em uma área para uma classificação em outra.

A seguir, apresentam-se algumas taxonomias encontradas na literatura, especialmente em áreas do conhecimento correlatas à área ambiental. A partir delas, pode-se ter uma ideia da diversidade de taxonomias existentes (consequentemente, da variedade de tipos em que os modelos podem ser classificados), bem como da semelhança entre algumas delas.

#### **2.1.2.1 – Engenharia**

Segundo BAZZO (1996), modelos, especialmente em engenharia, podem ser classificados em quatro tipos, a saber:

- *modelo icônico* – é aquele que representa, da forma mais fiel possível, o SFR. Ele possui um alto grau de semelhança com o seu equivalente real e tem como objetivo transmitir informações de como era, é ou será o SFR;
- *modelo diagramático* – neste tipo de modelo, um conjunto de linhas e símbolos representa a estrutura ou o comportamento do SFR;
- *modelo matemático* – é uma idealização onde são usadas técnicas de construção lógica, não necessariamente naturais e, certamente, não completas. Com ele os fenômenos e as variáveis do problema são descritos por elementos idealizados que representam as características essenciais da situação real, sendo relacionados através de uma expressão matemática;
- *representação gráfica* – este tipo de representação constitui um útil auxílio à visualização, comunicação e previsão de projetos. São exemplos de representação gráfica: gráfico de colunas, barras, linhas e pizza. Tais representações podem ser utilizadas para representar propriedades, fatos, comportamentos, dentre outros.

### **2.1.2.2 – Geografia**

De acordo com COLEMAN (2003), MINSHULL (1975) identificou algumas subcategorias de modelos, utilizados especialmente em geografia, classificando-os em:

- *submodelos de estrutura* – divididos em: icônicos ou escala, análogos e simbólicos;
- *submodelos de função* – divididos em: matemáticos, hardware e naturais;
- *submodelos de explicação ou modelos conceituais teóricos* – divididos em: modelos de causa e efeito, modelos temporais e modelos funcionais;

MINSHULL (1975) propõe ainda novas categorias de modelos, agrupando-os de acordo com:

- *a natureza do modelo* – hardware, simbólico, gráfico, cartográfico, fotográfico, verbal, etc.;
- *funções do modelo* – descritivo, normativo, idealístico, experimental, ferramenta ou procedimento;
- *forma do modelo* – estático ou dinâmico;
- *propósito operacional do modelo* – armazenar dados, classificar dados, realizar experimentos sobre os dados;

- *estágio no qual o modelo é utilizado* – a priori, concorrente, a posteriori.

CHRISTOFOLETTI (1999) descreve diversas taxonomias de modelos, aplicadas a áreas como geomorfologia, hidrologia e climatologia. Ele apresenta uma categorização para modelos em geografia – baseado em BRUNET (1993) – semelhante à apresentada por BAZZO (1996), onde os modelos são classificados em:

- *modelos matemáticos* – que eventualmente são apresentados sob a forma de equação;
- *modelos de sistemas* – denominado também como esquemas lógicos, que procuram representar a estrutura do sistema;
- *modelos preditivos* – construídos como imagens de sistemas, como matrizes de relações entre os elementos de um sistema espacial, prevêm a sua evolução quando se modificam alguns parâmetros;
- *modelos gráficos* – ou coremáticos que representam a estrutura de um espaço determinado, de um campo geográfico.

### 2.1.2.3 – Geomorfologia

Em geomorfologia, CHORLEY (1967) e WOLDENBERG (1985) descrevem as seguintes categorias:

- *modelos análogos naturais* – têm a finalidade de esclarecer determinada categoria de fenômenos ou sistemas, traduzindo seus aspectos supostamente importantes ou característicos por meio de uma representação analógica considerada mais simples, melhor conhecida ou sob um aspecto mais prontamente observável do que as ocorrências da natureza. São divididos em duas classes:
  - *análogos históricos* – agrupam os fenômenos em relação às suas posições imaginadas nas seqüências controladas pelo tempo, pressupondo que o acontecido antes acontecerá novamente, ou que o evento passado é importante para o que existe agora;
  - *análogos espaciais* – relacionam um conjunto de fenômenos a outros, pressupondo que as observações sobre uma paisagem ou sobre um processo em determinado lugar auxiliará na compreensão das formas e dos processo em outros lugares.

- *modelos análogos abstratos* – fundamentam-se na perspectiva de que a pesquisa pode ser melhor realizada pela análise da estrutura do sistema envolvido na problemática focalizada pela pesquisa. Podem-se distinguir duas categorias diferentes com base nos procedimentos de modelagem:
  - *modelos experimentais (hardware models)* – baseiam-se na construção de experimentos visando simular concretamente as características e a composição dos sistemas ambientais, a fim de exercer controle sobre as variáveis e compreender a dinâmica dos processos. CHORLEY (1967) os distingue ainda em *modelos experimentais de escala* e *modelos experimentais análogos*. WOLDENBERG (1985) os divide em três categorias: *modelos geométrica e dinamicamente similares*, *modelos dinamicamente similares mas geometricamente dissimilares* e *substituição de materiais análogos para simular forma e comportamento dinâmico*.
  - *modelos matemáticos* – são abstrações no sentido de substituir objetos, forças, eventos, etc., por uma expressão que contém variáveis, parâmetros e constantes matemáticas, envolvendo a adoção de um certo número de idealizações dos vários fenômenos estudados e a atribuição, às várias entidades envolvidas, de algumas propriedades estritamente definidas. Podem ser distinguidos em três classes: *determinísticos*, *probabilísticos ou estocásticos*, e de *otimização*.
- *modelos que sintetizam sistemas*.

#### **2.1.2.4 – Hidrologia**

Em hidrologia, a taxonomia sintetizada por SINGH (1995) é a seguinte:

- *classificação baseada em processos* – dividem-se em modelos genéricos e modelos distribuídos. CHRISTOFOLETTI (1999) afirma ainda que há os modelos quase-distribuídos;
- *classificação baseada em escalas temporais* – modelos baseados em tempo contínuo, baseados em período diário, baseados em período mensal e períodos anuais;
- *classificação baseada na escala espacial* – categorias direcionadas para pequenas, médias e grandes bacias hidrográficas;

- *classificação baseada nas técnicas de resolução* – numéricos, análogos e analíticos.

Com relação a modelos de simulação em hidrologia, VIESSMAN JR. E LEWIS (1996) estabelecem uma classificação descritiva, procurando situar os modelos em categorias ambivalentes, para escolhas alternativas:

- *modelos físicos vs. matemáticos;*
- *modelos contínuos vs. discretos;*
- *modelos dinâmicos vs. estáticos;*
- *modelos descritivos vs. conceituais;*
- *modelos genéricos vs. distribuídos;*
- *modelos em caixa preta vs. imitadores de estrutura;*
- *modelos estocásticos vs. determinísticos;*
- *modelos baseados em eventos vs. contínuos;*
- *modelos de balanço hídrico vs. preditivos.*

#### **2.1.2.5 – Climatologia**

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1999), o objetivo da modelagem em Climatologia é simular os processos e prever os efeitos resultantes nas mudanças e nas interações internas. Segundo ele, HENDERSON-SELLERS E MCGUFFIE (1997) classificam os modelos climáticos em três categorias:

- *modelos climáticos de circulação geral (modelos climáticos globais)* – derivados dos modelos de previsão de tempo, incorporando muito da matemática e física da atmosfera e particularmente focaliza os processos dinâmicos e a radiação;
- *modelos sobre impactos climáticos* – são abrangentes e complexos, incorporando os resultados da modelagem climática geral e conhecimentos relacionados com a ecologia, condições sociais e econômicas;
- *modelos integrados de avaliação* – desenvolveram-se em função da necessidade de se manter a coerência avaliativa das mudanças climáticas nas relações entre os aspectos sociais, políticos e econômicos, e entre os aspectos físicos e biológicos.

### 2.1.2.6 – Geral

Existem ainda outras propostas de classificações de modelo de abrangência geral, ou seja, não aplicadas a nenhuma área do conhecimento especificamente. Abaixo listam-se algumas delas.

GUARISO (1996) traz uma classificação de modelos bastante simplificada, onde, para ele, modelos são apenas estáticos ou dinâmicos (estes divididos em básicos e compostos):

- *modelos estáticos* – são modelos que não possuem variáveis de estado;
- *modelos dinâmicos* – são modelos que possuem variáveis de estado;
  - *modelos básicos* – são modelos simples;
  - *modelos compostos* – são modelos que se compõem de outros modelos, sejam eles estáticos ou dinâmicos, onde a saída de um modelo servirá de entrada para outro.

Já ZEIGLER (1976) propõe uma classificação de modelos baseada em categorias, onde em cada categoria se enquadram diversos tipos de modelos. Ele afirma, porém, que a classificação não é exclusiva, ou seja, elas podem ser combinadas para se ter uma classificação mais refinada. As categorias e respectivos tipos de modelo que ele propõe são:

- *classificações segundo a base de tempo:*
  - *modelos de tempo contínuo* – são aqueles cujo tempo é descrito de forma contínua;
  - *modelos de tempo discreto* – são aqueles cujo tempo é descrito através de intervalos de valores;
- *classificação segundo o conjunto de intervalo das variáveis descritivas:*
  - *modelos de estado discreto* – se suas variáveis assumem um conjunto discreto de valores;
  - *modelos de estado contínuo* – se seu intervalo pode ser representado por números reais;
    - *modelos especificados por equações diferenciais* – é um modelo de estado contínuo no qual a mudança de estados é contínua, porém a taxa de mudança é controlada por equações diferenciais;
  - *modelos de estado misto* – ambos estão presentes;
- *classificação segundo variáveis aleatórias:*

- *modelos determinísticos* – são modelos que têm como base os conceitos da matemática, leis da física e química e com isso conseguem fazer com que seus resultados sejam pontuais. Nestes modelos não são utilizadas variáveis randômicas;
- *modelos probabilísticos* – são modelos que possuem equações que envolvem variáveis, parâmetros e constantes matemáticas, além de outros componentes que foram observados a partir experimentos. Nestes modelos são utilizadas variáveis randômicas;
- *modelos estocásticos* – são modelos que utilizam variáveis randômicas que dependem de uma variável não randômica, que é um parâmetro de variação contínua, tal como o tempo, que se alterada conseguirá refletir os efeitos que o sistema ambiental irá sofrer;
- *classificação segundo interação com o mundo real:*
  - *modelos autônomos* – quando a dinamicidade do modelo é determinada internamente, fazendo com isto que este não sofra influência de informações do mundo real;
  - *modelos não autônomos* – quando o modelo permite ser influenciado por informações do mundo real durante o seu processamento. Ele possui variáveis de entrada cujos valores não são controlados pelo modelo;
- *classificação segundo regras de interação dependentes do tempo:*
  - *modelos de tempo invariante* – são modelos cujas regras de interação estão baseadas inteiramente em termos dos valores que as variáveis descritivas podem assumir, não existindo uma dependência entre as variáveis internas do modelo e o tempo;
  - *modelos de tempo variante* – são modelos cujo “tempo” deve entrar explicitamente como um argumento das regras de interação, acarretando uma evolução das variáveis internas do modelo;
- *classificação segundo influência de dados históricos:* são modelos que dependem de um conjunto de dados coletados ao longo do tempo.

Uma taxonomia de modelos em níveis é descrita por BANERJEE (1993), onde modelos em níveis diferentes estão interrelacionados, sendo que níveis mais baixos são progressivamente mais específicos e detalhados:

- *nível de ambiente* – nível mais alto de abstração, onde o modelo é visto como uma caixa preta. Isto é, os elementos essenciais de um tipo de modelo aqui são os tipos de entrada, os tipos de saída e os objetivos. Um tipo de modelo potencial é determinado casando as características gerais do problema e seu ambiente, com as características gerais da solução a que o tipo de modelo está se propondo;
- *nível de estrutura* – este nível é baseado nas características estruturais dos parâmetros que definem o tipo de modelo, as quais são principalmente obtidas através dos fatores funcionais da instância do problema (relacionamentos das variáveis de entrada);
- *nível de parâmetro* – neste nível o modelo é classificado baseado nos valores específicos de um parâmetro para uma dada instância que é usado para diferenciar tipos de modelos (Domínio de Parâmetros);
- *nível do solucionador* – este nível não distingue, na verdade, entre tipos de modelos. Neste ponto os modelos são diferenciados através das diferentes implementações e/ou algoritmos utilizados no modelo. São levados em conta fatores econômicos (custo) e tecnológicos, assim como parâmetros dos modelos.

HAINES-YOUNG E PETCH (1986) *apud* (CHRISTOFOLETTI, 1999) definem modelos considerando a funcionalidade para a atividade científica, mostrando que são mecanismos pelos quais as premissas são usadas para possibilitar conclusões. Eles propõem uma tipologia baseada em critérios de como são construídos e utilizados no teste sobre hipóteses, considerando três aspectos:

- se o modelo é *determinístico* ou *estocástico* – representa a estrutura com que se organiza o modelo;
- se o modelo é *parcial* ou *plenamente especificado* – refere-se ao conteúdo empírico;
- se o modelo é *hardware* ou *software* – está relacionado com as condições do procedimento usado na modelagem.

GUENTHER (1998) classifica modelos, particularmente os ambientais, em:

- *modelos de transporte* – servem para estimar emissões de poluentes em lugares onde estações de medição não podem ser instaladas e para prever emissões resultantes de alguma ação intencionada ou não intencionada;

- *modelos de utilização de recursos* – neste caso, eles levam em consideração uma maior variedade de fatores externos, incluindo a geologia local, condições climáticas e interação humana;
- *modelos de processo* – servem para simular e otimizar técnicas de processo;
- *modelos de ecossistema* – servem para descrever e quantificar o efeito de substâncias nos organismos vivos. Alguns podem tentar determinar a estabilidade e elasticidade de um dado ecossistema.

BERRY (1995) distingue duas categorias gerais de modelos: a estrutural e a relacional. A partir dessa categorização genérica, ele afirma que os modelos na área de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são de dois tipos: cartográficos (resultam da automação de técnicas manuais que tradicionalmente usam instrumentos de desenho e sobreposição de transparências) e espaciais (são expressões das relações matemáticas entre variáveis mapeadas).

Um SIG de propósito geral não é muito adequado à modelagem especializada, segundo BONHAM-CARTER (1994), sendo utilizado geralmente para alguns modelos simples, baseados em princípios físicos. No entanto, sistemas de simulação especializados e sistemas especialistas podem utilizar um SIG como entrada e saída, ou seja, um SIG pode ser utilizado na definição dos dados de entrada e na visualização dos resultados.

De modo geral, um SIG pode atuar em todas as áreas citadas anteriormente, como uma ferramenta para visualização e manipulação dos modelos e/ou de suas entradas e resultados.

FRIGG (2005) descreve certos tipos sob os quais modelos científicos podem ser classificados:

- *modelos icônicos* – são réplicas naturalísticas ou imagens-espelho do sistema alvo. Por isso, eles são também chamados de “modelos verdadeiros”;
- *modelos idealizados* – são a simplificação de algo complicado, com o objetivo de torná-lo mais tratável. Nem todas as propriedades de um objeto real são relevantes para um problema em questão, permitindo focar num conjunto limitado de propriedades, isoladamente;
- *modelos análogos* – são modelos que possuem certas similaridades relevantes entre eles. A analogia pode ser por propriedades compartilhadas, por similaridade relevante entre suas propriedades e por possuírem o mesmo

padrão de relacionamento com seus sistemas. Há ainda a “analogia formal”, onde dois modelos são interpretações do mesmo cálculo formal (por exemplo, são descritos pelas mesmas equações matemáticas);

- *modelos fenomenológicos* – em geral, são modelos que somente representam as propriedades observáveis do sistema alvo, não considerando as propriedades ocultas.

Para FRIGG (2005), descrições e equações são muitas vezes chamadas de modelos, erroneamente. Uma descrição do sistema alvo não constitui um modelo desse sistema, entre outros pelo fato de que pessoas diferentes podem descrever um mesmo sistema de forma completamente diferente. Assim, cada nova descrição seria um novo modelo, o que não é verdade. De forma semelhante, diferentes equações poderiam ser criadas para descrever um mesmo sistema alvo, e por si só elas não seriam modelos diferentes do sistema, mas uma ou outra poderia compor o mesmo modelo.

Apesar da variedade de taxonomias de modelos, elas não são mutuamente excludentes, ou seja, um modelo pode ser classificado como sendo de um tipo numa taxonomia, ao mesmo tempo em que pode pertencer a uma certa categoria em outra taxonomia. Isso é devido à característica de que os modelos, muitas vezes, possuem componentes multidisciplinares e aplicabilidade variada. Como exemplo, o modelo de declividade de um terreno pode ser classificado como matemático e ao mesmo tempo como topográfico.

## **2.2 – Gestão de Modelos**

De acordo com KRISHNAN E CHARI (2000), o termo Gestão de Modelos foi criado no início da década de 1970 no contexto de Sistemas de Suporte à Decisão. Segundo eles, os modelos, assim como os dados, eram tratados como recursos organizacionais e os Sistemas de Gestão de Modelos (MMS – *Model Management Systems*) buscavam isolar os usuários dos detalhes físicos do armazenamento e do processamento de modelos. Essa visão de modelos como dados levou à definição de Gestão de Modelos como o armazenamento e processamento de uma coleção de modelos abstratos.

Com o avanço da computação, que permitiu o surgimento de uma grande variedade e expressividade de representações de modelos, pode-se encarar a Gestão de

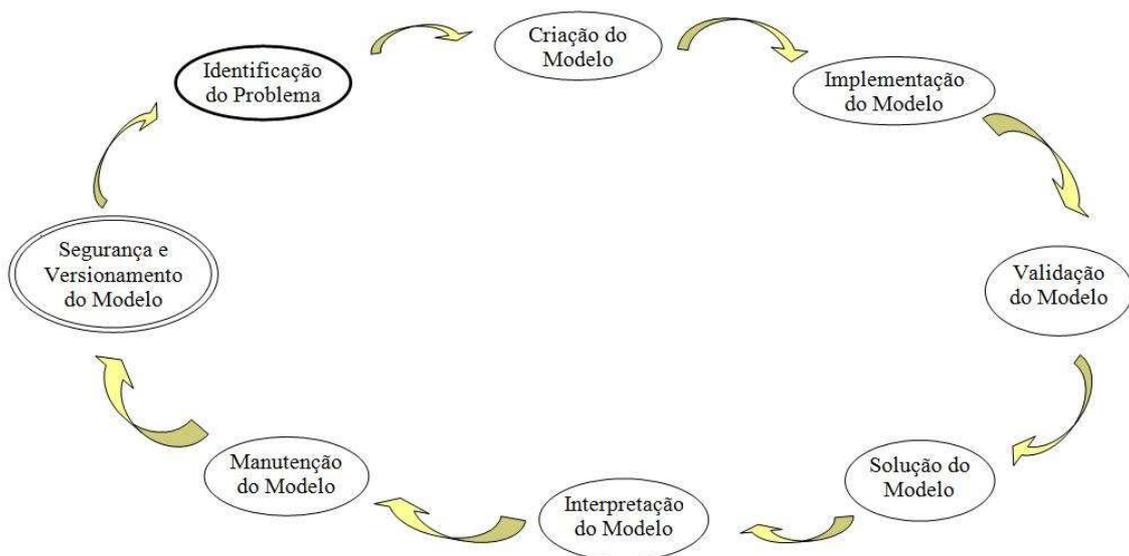
Modelos como o suporte a todo o ciclo de vida da modelagem. Essa visão também é compartilhada por CAVALCANTI *et al.* (2002).

### 2.2.1 – Ciclo de Vida da Modelagem

O desenvolvimento de um modelo é um processo complexo e iterativo, durante o qual uma série de tarefas de modelagem precisam ser realizadas. O objetivo desse processo é alcançar, o quanto possível, um modelo simples, objetivo e eficiente. KRISHNAN E CHARI (2000) propõem uma série de etapas e indicam o que deve ser realizado em cada uma delas para se atingir os objetivos da modelagem. Esse processo foi denominado de Ciclo de Vida da Modelagem e engloba desde a identificação do problema a ser modelado e o desenvolvimento do modelo, até a “entrega” de um modelo pronto para ser utilizado, sua manutenção e versionamento.

Apesar de o processo de modelagem descrito por KRISHNAN E CHARI (2000) estar relacionado a modelos em Pesquisa Operacional e serem utilizados por sistemas de suporte à decisão nessa área, as etapas do ciclo de vida propostas se adequam ao desenvolvimento de qualquer tipo de modelo – inclusive modelos científicos – com pouca ou nenhuma adaptação.

A Figura 1 ilustra o ciclo da modelagem proposto por KRISHNAN E CHARI (2000).



**Figura 1** – Ciclo de Vida da Modelagem (elaborado a partir de (KRISHNAN E CHARI, 2000)).

Em todo o ciclo da modelagem, um pesquisador pode experimentar uma aprendizagem. Segundo MORGAN E MORRISON (1999) *apud* (FRIGG 2005), o aprendizado sobre um modelo acontece principalmente em dois momentos: na construção e na manipulação (utilização) do modelo. Não há regras fixas ou receitas para a construção de modelos. Uma vez que o modelo está construído, não se aprende sobre suas propriedades apenas observando-o. Deve-se utilizar e manipular o modelo a fim de compreendê-lo. Esse aprendizado, por sua vez, gera conhecimento, que precisa ser explicitado, registrado, para que possa ser utilizado no desenvolvimento de novos modelos.

Nas subseções abaixo descreve-se as etapas do ciclo da modelagem proposta por KRISHNAN E CHARI (2000).

### **2.2.1.1 – Identificação do problema**

O objetivo desta etapa é o desenvolvimento de uma descrição do problema de forma clara e precisa, possibilitando estabelecer os objetivos principais do modelo. Esta etapa não pode ser validada computacionalmente. É necessária a presença do modelador humano para determinar, subjetivamente, se a descrição do problema é precisa o suficiente, se fornece o conhecimento necessário sobre o problema, quais os objetivos do modelo, entre outros.

Algumas das entradas desta fase são informais, como notas ou rascunhos, enquanto outras são mais formais, como resultados preliminares de análises de dados e registros de experiências anteriores de modelagem. Essas entradas podem ser armazenadas, por exemplo, na forma de dados multimídia. Tanto as entradas formais quanto as informais podem ser consideradas como parte da base de conhecimento sobre o modelo, mesmo antes de ele ter sido criado.

Uma descrição do problema que reflita a compreensão compartilhada do grupo de pesquisa é essencial para o sucesso da modelagem. O processo para alcançar essa descrição geralmente envolve negociação contínua, discussão, avaliação e clarificação. KRISHNAN E CHARI (2000) acreditam que com o avanço da Tecnologia da Informação e com as mudanças na prática das organizações, serão necessários sistemas de modelagem que apoiem explicitamente os processos de grupo que envolvem a identificação do problema. Nesse sentido, sistemas colaborativos e de Gestão do Conhecimento podem ser ferramentas essenciais de suporte aos pesquisadores. Entre

eles, o GNoSIS, proposto por SOUZA (2006), pode ser utilizado na negociação de significados que envolvem essa etapa.

### **2.2.1.2 – Criação do modelo**

O objetivo desta etapa é desenvolver uma especificação de um ou mais modelos que descrevem matematicamente o problema enunciado. Nesta atividade são definidas as estruturas para o modelo em termos dos níveis de detalhe e escolha das entradas e saídas. As observações e os fatos conhecidos acerca do problema do mundo real são identificados como possíveis elementos do modelo e relacionados aos seus objetivos. Em geral, cinco mecanismos para efetuar a criação de modelos têm sido usados:

#### ***Seleção do modelo***

Esta técnica utiliza modelos já existentes para criar um modelo para um novo problema. Sua principal vantagem é a capacidade de reutilizar modelos já depurados e validados. Três tipos de questões devem ser levadas em conta para facilitar a seleção:

- organizacionais: referem-se a como modelos, previamente desenvolvidos, devem ser organizados para facilitar a seleção. Os modelos podem ser organizados, por exemplo, por similaridade, onde a categorização ou classificação de modelos pode ser útil;
- de representação: envolve questões como a identificação de características que são importantes para a seleção, além de questões de representação de modelos numa biblioteca;
- de processamento: envolve questões sobre quais operações seriam úteis ao modelador. Por exemplo, se para encontrar um modelo numa biblioteca, é melhor utilizar navegação pela biblioteca ou permitir a realização de consultas para identificar os modelos candidatos.

#### ***Composição de modelos***

Também neste caso são utilizados modelos previamente desenvolvidos. No entanto, o novo modelo é derivado da ligação de modelos independentes de forma que a saída de um seja a entrada de outro. A composição é utilizada por vezes em conjunto com a seleção, quando nenhum modelo isoladamente atende aos requisitos do problema.

Uma importante característica da composição é que nenhum modelo que faz parte desse mecanismo sofre alteração, após ter sido selecionado. Além disso, ela constitui uma abordagem de construção de modelos na qual modelos construídos

independentemente, pequenos e já validados podem ser utilizados como componentes para a criação de modelos maiores. Neste caso, quatro tipos de questões são relevantes:

- de representação: como as ligações entre os modelos podem ser representadas (se por variáveis ou coleções de variáveis estruturadas, por exemplo) e em que nível de abstração os modelos devem ser representados a fim de facilitar a composição;
- do procedimento da composição: por um lado, a composição envolve a busca na biblioteca de modelos para gerar a seqüência de modelos a serem executados. Por outro, deve-se identificar como o procedimento de composição pode ser automatizado para minimizar a intervenção humana;
- do solucionador: uma vez que o conjunto de ligações entre os modelos define a ordem da solução do modelo, pode-se verificar se essa ordem pode ser inferida;
- de distribuição de dados e modelos: uma vez que dados e modelos podem estar distribuídos em múltiplas plataformas e em lugares geograficamente dispersos, como a composição e a execução podem ser realizadas em ambientes heterogêneos e distribuídos? Além disso, como os dados e os metadados do modelo podem ser armazenados?

### ***Integração de modelos***

A integração também utiliza modelos previamente desenvolvidos. No entanto, neste caso os modelos sofrem modificação. A integração pode ser de esquema (onde a estrutura interna de dois modelos são combinadas para formar um novo modelo) e de processo (semelhante à integração do solucionador, da composição). Entre os tipos de questões de integração, destacam-se:

- resolução de conflitos: é uma parte importante da integração, onde os componentes que estão sendo integrados podem possuir conflitos de nomes, de granularidade, de unidades de medida e dimensionais. Nesse sentido, uma questão levantada é quais os tipos de informação sobre o modelo, além da estrutura, devem ser representados a fim de auxiliar a detecção de conflitos;
- identificação de efeitos de interação: quais seriam os impactos em outras partes do modelo, se uma parte dele é modificada durante a integração?
- representação: qual seria a representação adequada do modelo para integração, uma vez que a representação por caixa preta é insuficiente e a por

caixa branca pode ser muito complexa (uma vez que permite acesso completo à estrutura do modelo)?

- controle do solucionador: quais as implicações da integração de esquema para a integração de procedimentos de solução usados para os modelos individuais?

### ***Formulação do modelo***

É a tarefa de converter uma descrição precisa do problema em um modelo matemático. É um processo complexo em que diversos tipos de conhecimento são usados para formular o modelo. A relevância do modelo depende de fatores como precisão, tratabilidade, disponibilidade de dados relevantes e compreensão. São três os tipos de questões relevantes neste mecanismo:

- caracterização detalhada do processo de modelagem;
- representação: qual a forma da entrada; como as fontes de conhecimento devem ser representadas; como a representação pode facilitar o reuso do conhecimento do processo;
- raciocínio: qual o processo de raciocínio usado para formular o modelo a partir da descrição do problema; se o processo é dedutivo, analógico ou uma combinação dos dois;

Várias fontes de conhecimento são utilizadas na formulação, tais como: conhecimento do domínio, conhecimento de certos paradigmas de modelagem, conhecimento de tecnologias de solução disponíveis, entre outros. Além disso, os modeladores reutilizam o conhecimento que eles adquirem durante o processo de formulação.

### ***Reuso de modelos***

Reuso de modelos envolve questões similares à seleção, composição e integração. Esta técnica tem sido relevante num tipo de modelagem denominada “modelagem em larga escala”, que possui foco na organização e administração de bibliotecas de modelos compartilhadas e na síntese de modelos a partir de componentes reutilizáveis existentes.

### **2.2.1.3 – Implementação do modelo**

É a tarefa de criar uma representação do modelo de forma que possa ser resolvida por um solucionador, ou seja, computacionalmente executada. Usualmente ela

assume a forma de um programa computacional executável, de um *script* ou de uma planilha eletrônica, com funções executáveis embutidas. No primeiro caso, o solucionador seria o sistema operacional da máquina que executa o programa. No segundo, o solucionador seria um software aplicativo científico ou matemático, como o MatLab (MATHWORKS, 2010) e no terceiro, um software capaz de interpretar e executar as funções da planilha, como o Calc (OPENOFFICE, 2010).

A implementação de modelos é guiada por quatro princípios:

- independência de dados: este princípio enuncia que deve haver uma clara separação entre o esquema do modelo e os dados usados para instanciar o modelo. O objetivo é permitir que os dados sejam modificados, seja no formato, valores, dimensões, etc., sem causar uma mudança na representação do modelo;
- independência do solucionador: aqui prega-se a clara separação entre o modelo e a representação utilizada pelos solucionadores. Por um lado, essa representação costuma ser difícil de verificar, validar e comunicar com outros modeladores. Por outro, permite-se a utilização de vários solucionadores para a mesma implementação do modelo, caso haja essa independência;
- independência de paradigma: afirma-se neste princípio que as alternativas de implementação não sejam limitadas por nenhum paradigma de modelagem;
- representação e raciocínio em um nível meta: neste princípio, argumenta-se que, além da estrutura matemática pura e simples do modelo, deve-se também representar outras informações sobre ele, uma vez que com a representação puramente matemática, apenas a operação de solução do modelo pode ser aplicada. Com outras informações, como dimensões, unidades de medida e os tipos dos elementos do modelo, outras operações como validação dimensional também podem ser aplicadas à implementação do modelo.

#### **2.2.1.4 – Validação do modelo**

Na realidade, a validação do modelo pode ser realizada em cada etapa do ciclo de vida da modelagem. Nesta etapa, é obtido o retorno (*feedback*) do validador, considerando as propriedades das descrições matemáticas do modelo, tais como dimensões e unidades.

Na validação da integração de dois esquemas de modelos, por exemplo, a verificação das alterações nos modelos não é uma tarefa simples. Na composição, também devem ser validadas as ligações entre os modelos.

Pode-se pensar ainda numa forma de “*peer review*”, onde outros modeladores poderiam avaliar o modelo segundo sua corretude e aplicabilidade. Simulações com protótipos do modelo também são uma forma de validação do modelo.

#### **2.2.1.5 – Solução do modelo**

A solução é considerada o produto final da atividade de modelagem. Aqui, algumas questões são importantes, como o suporte de linguagens de modelagem à aquisição automatizada de dados de entrada e se a execução de múltiplos modelos interligados pode ser acelerada com a utilização de paralelismo na execução de modelos.

A partir desta etapa são comparadas as predições com as medições de forma a avaliar a solução do modelo.

#### **2.2.1.6 – Interpretação do modelo**

Consiste de uma série de técnicas projetadas para auxiliar um pesquisador a compreender um modelo. Para isso, três questões são relevantes:

- análise paramétrica: analisa a sensibilidade do modelo a alterações sistemáticas nos valores de seus parâmetros;
- análise estrutural: por um lado busca analisar os efeitos de alterações na estrutura do modelo e por outro tenta explicar os resultados obtidos pela solução do modelo a partir da sua estrutura matemática;
- inspeção estrutural: a ideia neste caso é observar a estrutura matemática do modelo e tentar compreendê-la, bem como entender a lógica subjacente.

#### **2.2.1.7 – Manutenção do modelo**

Nesta fase, pode-se fazer uma analogia com a manutenção de software, uma vez que o modelo pode sofrer evolução na sua definição ou ainda correção de erros de definição e de implementação. O enunciado do problema é revisado e o modelo é alterado para refletir a revisão do problema ou sua atualização.

### **2.2.1.8 – Segurança e versionamento do modelo**

Nesta etapa são produzidas versões consistentes e corretas do modelo e são asseguradas autorizações para acesso aos modelos. Num sistema de gerência de modelos, a autorização pode ser feita por meio de um nome de usuário (*login*) e senha, por exemplo.

Em todas as etapas do Ciclo de Vida da Modelagem pode-se notar que diversos tipos de conhecimento sobre o modelo ou o processo são utilizados ou gerados, sendo muitos deles possíveis de ser armazenados e recuperados por um sistema de gestão do conhecimento.

## **2.3 – Gestão do Conhecimento**

Não existe, na literatura especializada, um consenso para a definição de Gestão do Conhecimento. OLIVEIRA (2003) e STOLLENWERK (2001) apresentam uma série de definições de Gestão do Conhecimento existentes na literatura. Diversos autores procuram definir o tema com uma visão mais tecnológica, enquanto outros buscam defini-la com um enfoque mais humanístico, ou do capital intelectual de uma organização. Outros autores afirmam ainda que a Gestão do Conhecimento deve ser voltada para processos, envolvendo esses dois fatores.

Nesse sentido, uma definição simples e objetiva de Gestão do Conhecimento pode ser encontrada em FORTIN (1998) *apud* (OLIVEIRA, 2003) “Gestão do Conhecimento é a coleção de processos que governam a criação, disseminação e utilização do conhecimento” numa organização.

NONAKA E TAKEUSHI (1997) classificam o conhecimento em dois tipos: o explícito, que é descrito em detalhes e que pode ser transmitido por meio de linguagem formal; e o conhecimento tácito, que é compreendido, implícito e existe sem ser declarado. O conhecimento tácito é informal, experimental e difícil de capturar ou compartilhar e pode ser transmitido principalmente a partir do exemplo e da convivência.

De acordo com os autores, os conhecimentos tácito e explícito podem ser convertidos entre si, seguindo uma espiral que passa por quatro processos de transmissão do conhecimento, tal como mostra a Figura 2.

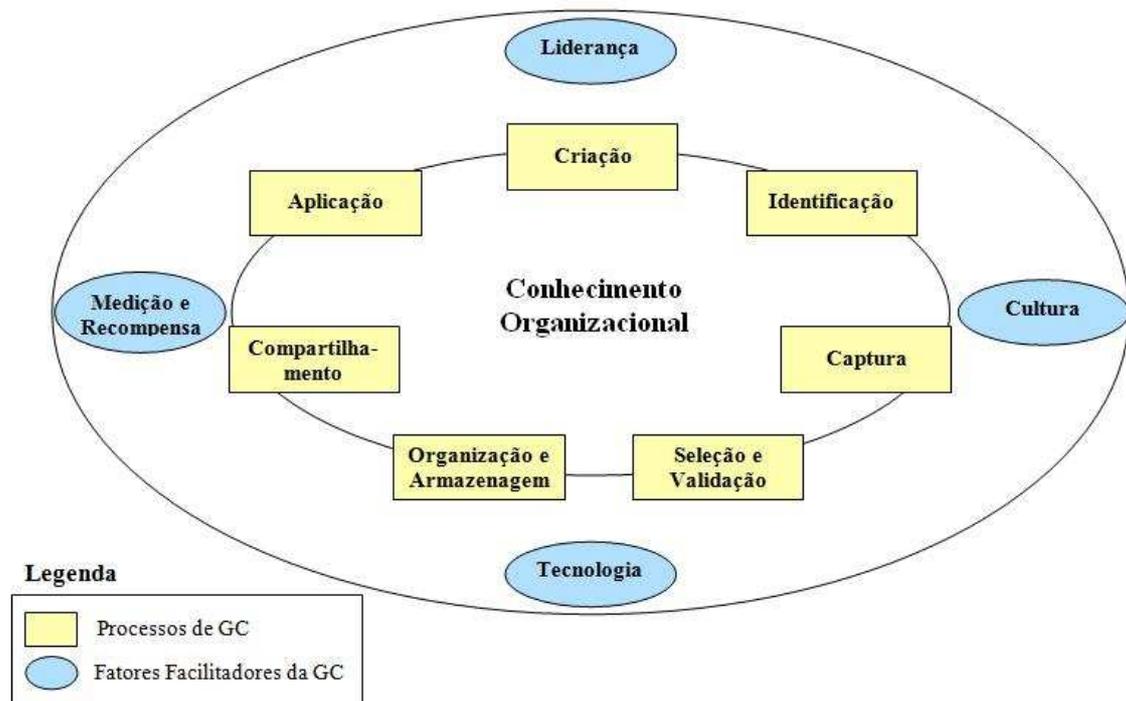


**Figura 2** – Processos de conversão do conhecimento (baseado em (NONAKA E TAKEUCHI, 1997)).

### 2.3.1 – Ciclo da Gestão do Conhecimento

Existem diversas abordagens que buscam descrever o ciclo da Gestão do Conhecimento numa organização. OLIVEIRA (2003) faz uma comparação entre diversas abordagens e sugere a de STOLLENWERK (2001) a mais adequada, devido esta propor um modelo genérico de Gestão do Conhecimento, com alto potencial de aplicabilidade nas organizações.

O modelo genérico de STOLLENWERK (2001) foi construído a partir da análise dos principais modelos de Gestão do Conhecimento e de planejamento estratégico descritos na literatura, onde a autora chegou à conclusão de que existem ideias básicas que permeiam todos eles. A partir desse estudo, identificou-se que o processo de criação do conhecimento é comum a todos os modelos e que, dentro desse processo, a aprendizagem organizacional é essencial para a operacionalização dos mesmos. O modelo genérico é composto de sete processos básicos e de quatro fatores facilitadores da Gestão do Conhecimento, como pode ser visto na Figura 3.



**Figura 3** – Modelo Genérico de Gestão do Conhecimento (STOLLENWERK, 2001).

### 2.3.2 – Processos da Gestão do Conhecimento

Nas subseções a seguir são descritos cada processo do modelo genérico, ou seja, cada etapa do Ciclo da Gestão do Conhecimento.

#### 2.3.2.1 – Identificação do Conhecimento

Envolve questões estratégicas, entre elas a identificação de competências que são críticas para o sucesso da organização (competências essenciais).

Segundo a autora, para cada competência essencial deve-se identificar as diversas áreas do conhecimento que as sustentam, uma vez que essa identificação permitirá vislumbrar em que áreas a organização já possui *expertise* e em que áreas a organização terá de desenvolver ou adquirir. Este processo pode ser desdobrado nas seguintes etapas:

- criação de uma agenda de competências essenciais;
- identificação da lacuna entre competências existentes e competências necessárias;
- desdobramento das competências essenciais existentes e necessárias nas áreas de conhecimento que as sustentam (mapeamento do conhecimento);

- identificação das fontes de informação internas e externas associadas às áreas de conhecimento mapeadas;
- proposição de soluções para eliminar ou reduzir a lacuna entre as competências existentes e as necessárias.

### **2.3.2.2 – Captura do Conhecimento**

Representa a aquisição de conhecimentos, habilidades e experiências necessárias para a criação e manutenção das competências essenciais e áreas do conhecimento selecionadas e mapeadas. Para sua utilização, o conhecimento, as habilidades e experiências devem ser formalizados, explicitados e codificados (registrados). Desse modo, é importante conhecer as diversas fontes disponíveis, sejam internas ou externas, nas quais se pode adquirir o conhecimento. Nesta fase, é importante recuperar primeiramente o conhecimento já disponível na organização (BECKMAN E LIEWBOWITZ, 1998).

As etapas deste processo são:

- identificação das fontes internas e externas;
- seleção das estratégias de aquisição;
- aquisição, formalização e recuperação do conhecimento.

### **2.3.2.3 – Seleção e Validação do Conhecimento**

Selecionar e validar o conhecimento estão bastante associados ao processo de captura. Visam filtrar o conhecimento, avaliar sua qualidade e sintetizá-lo para fins de aplicação futura. A importância deste processo reside no fato de que nem todo o conhecimento gerado, recuperado ou desenvolvido deve ser armazenado na organização.

Este processo é composto pelas seguintes etapas:

- determinação da relevância e do valor do conhecimento ou da informação;
- determinação do grau de confiabilidade desse conhecimento;
- identificação e consolidação do conhecimento útil e descarte de conhecimento redundante;
- contratação, desenvolvimento e criação dos conhecimentos não disponíveis;
- redução do grau de incerteza do conhecimento não comprovado;

- identificação e proposição de soluções de problemas relacionados a conhecimentos conflitantes;
- estabelecimento de visões múltiplas para casos de conhecimentos conflitantes não resolvidos.

#### **2.3.2.4 – Organização e Armazenagem do Conhecimento**

O objetivo desse processo é garantir a recuperação rápida, fácil e correta do conhecimento, por meio da utilização de sistemas de armazenagem e recuperação eficientes. Quanto maior a formalização do conhecimento, mais eficaz será o processo de organização e armazenagem.

De acordo com a autora, o conhecimento, a competência e a experiência informais ou não estruturados, dominados apenas individualmente e não compartilhados por meio de mecanismos adequados, são facilmente perdidos ou esquecidos e não podem ser organizados e armazenados.

Este processo é apoiado por tecnologias de armazenamento que utilizam os seguintes tipos de estrutura de conhecimento: bancos de conhecimento, bancos de imagens, textos, documentos, dados, casos, normas, procedimentos e modelos.

As etapas que este processo possui são:

- classificação do conhecimento já validado, segundo critérios predefinidos;
- definição da arquitetura de Tecnologia da Informação e seleção de ferramentas de gestão da informação;
- criação e gerenciamento de bancos de dados a serem utilizados como repositório de conhecimentos, informações e dados.

#### **2.3.2.5 – Compartilhamento do Conhecimento**

O compartilhamento do conhecimento envolve o acesso e a disseminação do mesmo. Segundo STOLLENWERK (2001), em geral muitas informações e conhecimentos permanecem restritos a um grupo pequeno de indivíduos nas organizações. Mesmo quando estão disponíveis, não o estão em tempo hábil, nem no local apropriado.

Nesse contexto, a facilidade de acesso torna-se ponto crítico do processo de compartilhamento. Para tanto, o papel da tecnologia da informação e comunicação é incontestável.

Neste processo, as etapas constituem-se em:

- identificação das necessidades de informação e de conhecimento da organização;
- criação de mecanismos eficazes de recuperação e disseminação do conhecimento;
- capacitação dos usuários potenciais em ferramentas de recuperação da informação e do conhecimento;
- disseminação automática do conhecimento em tempo hábil para as pessoas certas.

### **2.3.2.6 – Aplicação do Conhecimento**

Não basta que os conhecimentos, as experiências e as informações estejam disponíveis e sejam compartilhados. É fundamental que sejam também utilizados e aplicados a situações reais da organização, de modo a produzir benefícios concretos. Para isso, é essencial registrar as lições aprendidas com a utilização do conhecimento, os ganhos obtidos e os desafios a serem vencidos.

Neste caso, as etapas são:

- aplicação do conhecimento relevante, confiável e de alto valor agregado em processos decisórios, em solução de problemas operacionais, em processos de inovação e aprendizagem;
- registro das lições aprendidas e dos ganhos obtidos com a utilização do conhecimento.

### **2.3.2.7 – Criação do Conhecimento**

A autora afirma que o processo de criação de um novo conhecimento envolve as dimensões de aprendizagem, externalização do conhecimento, lições aprendidas, pensamento criativo, pesquisa, experimentação, descoberta e inovação. A aprendizagem de novos conhecimentos, habilidades e experiências é uma boa maneira de mudar os comportamentos, pensamentos, atitudes e crenças no âmbito das organizações, e assim gerar novos conhecimentos.

O processo de criação do conhecimento organizacional começa pelo compartilhamento do conhecimento tácito, para que o conhecimento individual inexplorado possa ser amplificado dentro da organização. Em seguida, o conhecimento tácito compartilhado é convertido em conhecimento explícito, para formar um novo

conceito. A organização determina então se o conceito criado vale a pena ser validado, a fim de justificá-lo. Os novos conceitos são convertidos em um arquétipo, onde o conhecimento criado é ampliado para outras equipes internas à organização, ou mesmo para elementos externos.

Esse processo pode ser dividido então, nas seguintes etapas:

- compartilhamento do conhecimento tácito;
- criação de conceitos;
- justificação de conceitos;
- construção de um arquétipo;
- difusão interativa do conhecimento.

### **2.3.3 – Fatores Facilitadores da Gestão do Conhecimento**

Para apoiar o ciclo da Gestão do Conhecimento, alguns fatores permeiam as etapas, como facilitadores do processo. Nas subseções a seguir são relatados os quatro fatores descritos por STOLLENWERK (2001).

#### **2.3.3.1 – Liderança**

No processo de Gestão do Conhecimento é imprescindível a liderança corporativa, pois sem o seu aval, compromisso e direcionamento, a eficácia da Gestão do Conhecimento fica altamente prejudicada.

#### **2.3.3.2 – Cultura Organizacional**

A existência de uma cultura do conhecimento na organização é condição básica para a presença de características de inovação, excelência e competência. Alguns autores julgam que em uma organização burocrática, em que não haja ambiente de confiança e estímulo à cooperação, não se consegue fazer com que o conhecimento existente seja compartilhado.

#### **2.3.3.3 – Medição e Avaliação**

A existência de práticas de medição e avaliação são importantes para garantir a receptividade, o apoio e o compromisso com a Gestão do Conhecimento na organização. Stollenwerk lista uma série de indicadores, propostos por diversos autores para medição de desempenho, da eficácia do capital intelectual e de detecção de futuros desafios.

Uma vez identificados os fatores de medição e avaliação, torna-se importante definir a forma de recompensar a colaboração dos empregados. Em geral, nas organizações burocráticas, os empregados não são encorajados a compartilhar conhecimento, uma vez que a posse do conhecimento ainda representa fonte de poder. Assim, é essencial a definição de uma estratégia e política de reconhecimento e recompensa bem definidas. A autora lista ainda uma série de fatores que estimulariam as pessoas inovadoras, além de uma série de outros que devem ser evitados visando não desencorajar os funcionários.

#### **2.3.3.4 – Tecnologia da Informação**

O uso da Tecnologia da Informação é vital para a disponibilização e o compartilhamento do conhecimento em larga escala, tornando-o acessível em qualquer parte, a qualquer tempo e em qualquer formato. De acordo com a autora, a maioria dos casos de projetos de Gestão do Conhecimento descritos na literatura utilizam as seguintes ferramentas de Tecnologia da Informação: mapeamento do conhecimento, bancos de dados, *Data Mining*, *Data Warehousing*, ferramentas automatizadas de busca e ferramentas de colaboração e de compartilhamento do conhecimento.

### **2.4 – Trabalhos Relacionados**

Sistemas de Gestão de Modelo têm sido bastante abordados na literatura (GEOFRION, 1989, LENARD, 1993, BERNSTEIN, 2003, KRISHNAN E CHARI, 2000, PORTO et al., 2008). Em geral, as propostas de sistemas de gestão de modelo são catálogos que oferecem funcionalidades de pesquisa sobre os metadados do modelo, tais como: nome do modelo, autor, data de criação, objetivo, hipótese que o modelo tenta provar e onde ele está armazenado.

Um sistema de gestão de modelos tem por objetivo criar uma biblioteca de modelos, que isola os usuários de detalhes sobre armazenamento físico e processamento do modelo. Esse sistema tem por meta melhorar a produtividade oferecendo: i) ferramentas que melhoram a qualidade do trabalho baseado em modelos, e ii) apoio ao estilo de modelagem e práticas de trabalho.

As primeiras abordagens de gestão de modelos eram limitadas à execução de modelos e/ou armazenamento de dados. RIMON E KELLER (1992) apresentam o protótipo de uma ferramenta, desenvolvida pela NASA, denominado Projeto SIGMA,

para apoiar a construção e reuso de modelos científicos. Essa abordagem usa a experiência do domínio do conhecimento para auxiliar a aquisição do modelo e sua execução através de uma linguagem gráfica de alto nível para a especificação de fluxo de dados. Esta abordagem ignora questões relacionadas ao acesso a banco de dados, eficiência e dependência de plataforma.

Outra abordagem semelhante é apresentada por LENARD (1993). O autor descreve um protótipo de um sistema de gestão de modelos para a simulação de eventos discretos usando a abordagem relacional para integrar modelos e dados onde pode ser gerada uma variedade de relatórios que documentam o modelo.

Em 1998, Balasubramanian e Lenard descrevem uma nova abordagem propondo uma arquitetura cliente-servidor desenvolvida na Intranet, de um sistema para armazenar, recuperar e distribuir modelos e conhecimento modelado para usuários. O ambiente proposto, apesar de empregar camadas de conhecimento cujo conteúdo é gerado usando um processo colaborativo, não apóia o trabalho colaborativo.

As abordagens mais recentes se preocupam com o armazenamento do modelo e sua execução de forma conjunta. MELNIK E RAHM (2003) e BERNSTEIN (2003), por exemplo, propõem um sistema gerenciador de modelos genéricos, denominado Rondo, com operadores de alto nível para manipular e fazer mapeamento entre modelos. Os autores trabalham com uma aproximação relacional para simplificar e especificar operadores para modelos utilizando um modelo gráfico relacional baseado na linguagem RDF. Os autores definem operadores para as operações de Correspondência, Integração, Diferença, Composição, Cópia, Enumeração e Geração de Modelo. As principais desvantagens dessa abordagem são a falta de representação explícita da semântica dos modelos armazenados pelo Rondo e a ausência de ferramentas em termos de interface com o usuário que permita clareza da representação do modelo, organização intuitiva, facilidades de aprendizagem e uso.

Um outro exemplo é apresentado por CAVALCANTI *et al.* (2002) que propõem uma arquitetura para suportar a publicação de metadados de modelos científicos, aplicados à área ambiental, para oferecer o compartilhamento de modelos usando uma extensão de sistema de banco de dados heterogêneo e distribuído, denominada *Le Select*. A principal característica dessa proposta consiste na representação explícita da semântica dos modelos científicos e sua publicação utilizando XML. Sua principal vantagem é o encapsulamento do experimento científico para o usuário. Porém, esta proposta não trata da gestão do conhecimento que envolve os modelos.

PORTO *et al.* (2008) propõem um sistema para gerência de modelos sob uma perspectiva orientada a dados (*data-oriented*). O objetivo desse trabalho é auxiliar os cientistas na especificação, execução, análise e compartilhamento de modelos científicos e dos dados desses modelos, a partir de um sistema de gestão de modelos científicos, segundo uma perspectiva orientada a dados para a representação de modelos científicos. De acordo com eles, a partir de uma perspectiva de dados, modelos científicos englobam todas as informações utilizadas e produzidas durante uma investigação científica. Eles, no entanto, não mencionam sobre o conhecimento produzido em todo esse processo.

Atualmente, com o contexto da Web semântica, um sistema de gestão de modelos tem como requisitos:

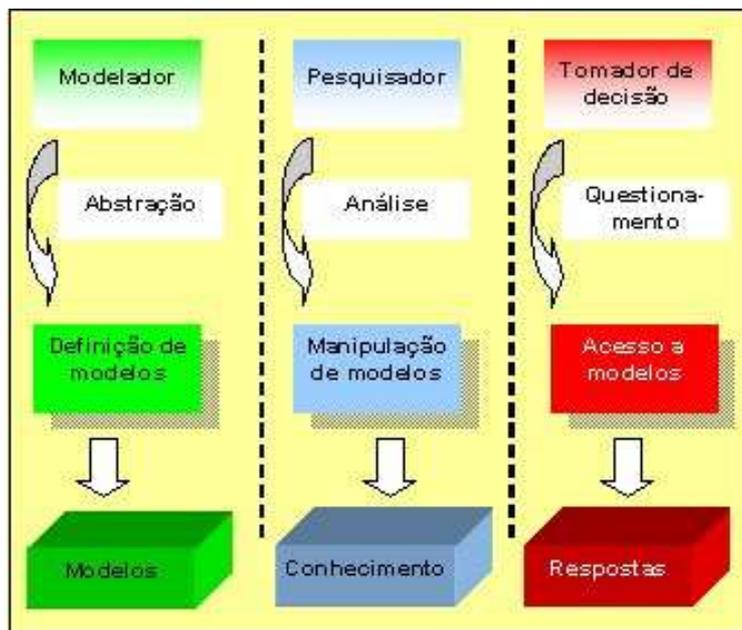
- os modelos estarem disponíveis em plataformas heterogêneas e distribuídas;
- os modelos serem acrescentados à arquitetura com o mínimo impacto no sistema;
- o ciclo de vida do modelo e sua evolução devem ser apoiados, incluindo os recursos utilizados, tais como dados, programas, e conhecimentos derivados do seu uso;
- o controle do fluxo de execução do modelo deve ser distribuído, de forma que várias ferramentas possam cooperar e trabalhar interativamente;
- o controle do fluxo deve permitir seleção oportunística de forma que a melhor configuração de grade computacional, ou de cluster, disponível na hora de execução do modelo, possa ser usada.

Nesse contexto ainda da Web semântica, requer-se na especificação de um sistema de gestão de conhecimento de modelos, considerar os tipos de papéis dos usuários da área científica de acordo com as diferentes perspectivas sobre o gerenciamento de modelos, a saber (Figura 4):

- Modelador – trata-se do construtor de modelo, isto é, aquele que se envolve com o desenvolvimento do modelo abstraindo do mundo real o fenômeno a ser modelado.
- Pesquisador – trata-se de um analista de modelos, isto é, aquele que obtém resultado aplicando o modelo aos seus dados, visando uma tomada de decisão. Para efetuar sua tarefa o pesquisador tem que identificar os modelos

apropriados, manipulá-los de forma adequada ao corrente problema e executá-los com o conjunto de dados para produzir seus resultados.

- Tomador de decisão – é o usuário interessado em obter apoio a sua tarefa de decisão. Esse usuário necessita de uma interface amigável para acessar os modelos, fornecer requisito de dados, executar o modelo e inspecionar os resultados.



**Figura 4** – Tipos de papéis e atividades dos usuários em um sistema de gestão de modelos (adaptado de (BRITO *et al.*, 2006a)).

Cabe considerar que um único usuário pode assumir os três papéis em suas atividades de pesquisa científica. Aliado a esses três papéis, há o administrador do sistema, responsável por ações internas ao mesmo, como criação de usuários, entre outras parametrizações. Ele, porém, não realiza ações de gestão de modelos.

Dessa maneira, é necessário desenvolver um sistema de gestão de modelo que apóie todas as fases do ciclo de vida da modelagem e que capture as funcionalidades e os recursos-chave usados pelos modelos. Isto requer o detalhamento da estrutura matemática dos modelos, assim como as versões e suas respectivas documentações que retratam a evolução dos modelos, incluindo ainda a aplicação, verificação e validação dos mesmos.

Todos os trabalhos citados realizam a gestão de modelos em determinado grau. Uns apenas armazenando os metadados dos modelos, outros realizando apenas a execução dos modelos, outros ainda desempenhando as duas funções. No entanto,

pouco ou quase nada se fala em gestão do conhecimento, muito menos gestão do conhecimento no processo de modelagem e de utilização do modelo.

Este trabalho propõe, além da gestão dos metadados e da execução dos modelos, a gestão do conhecimento utilizado tanto na fase de modelagem (desenvolvimento do modelo), quanto na fase de utilização (execução do modelo, ou simulação).

## **Capítulo 3 – Proposta de um Ambiente Orientado a Conhecimento para a Gestão de Modelos Científicos**

Este trabalho apresenta a proposta de um ambiente colaborativo para suportar parte da atividade científica por meio da gestão do conhecimento envolvido no processo de desenvolvimento e utilização de modelos científicos. Esse ambiente, denominado MODENA (*scientific MODEL knowledge maNagement environment* – ou Ambiente para Gestão do Conhecimento sobre Modelos Científicos), possui ferramentas para suporte tanto à identificação, criação e classificação de modelos (desenvolvimento) quanto ao intercâmbio, reuso e execução de modelos (utilização), possibilitando, em todo o processo, o registro, recuperação e intercâmbio de conhecimento.

Trata-se de um ambiente colaborativo, baseado na *Web*, que permite o compartilhamento de dados, conhecimento, modelos, ontologias e definições de workflow entre instituições de pesquisa geograficamente distribuídas.

As seções a seguir detalham a proposta e estão divididas da seguinte forma:

- Classificação de modelos, onde é mostrada a importância de classificá-los e a metodologia adotada neste trabalho;
- Apoio da Gestão do Conhecimento ao Ciclo de Vida da Modelagem, onde ressalta-se a importância da Gestão do Conhecimento na modelagem;
- Gestão de Modelos, onde descreve-se como sistema serve de guia para o usuário durante a modelagem.

Quando refere-se à execução de modelos, isso significa, na realidade, a execução de instâncias de modelos. Segundo KRISHNAN E CHARI (2000), modelos podem ser preparados para execução, em conjunto com dados, criando instâncias de modelos que representam situações específicas do problema modelado.

### **3.1 – Classificação de Modelos**

Tendo em vista que modelos são utilizados nas mais diversas áreas do conhecimento, não há um padrão para classificação e descrição de modelos. A taxonomia de modelos pode variar muito de uma área de pesquisa para outra, ou até dentro de uma mesma área de pesquisa.

Como visto na Seção 2.1.2, cada modelo pode ser caracterizado como sendo de um tipo diferente, que por sua vez pertencem a taxonomias distintas. Cada taxonomia refere-se, geralmente, a uma área de aplicação específica. Isso favorece o surgimento de dezenas de taxonomias, algumas delas bastante similares, outras com apenas alguns pontos em comum e outras ainda bastante antagônicas.

A importância de se utilizar uma taxonomia de modelos reside em três metas principais: i) facilitar o agrupamento de modelos, possibilitando, posteriormente, a identificação de similaridades e interdependências, em uma visão mais sistêmica; ii) facilitar a catalogação e recuperação dos modelos, pela definição de mecanismos de busca e seleção mais estruturados; iii) auxiliar na sistematização da identificação, organização e recuperação de seus metadados. KRISHNAN E CHARI (2000) afirmam que a classificação permite o agrupamento de modelos, organizando-os e facilitando a seleção para que possam ser reutilizados.

Uma das dificuldades encontradas no início deste trabalho foi a de decidir qual taxonomia utilizar, para permitir ao usuário classificar um modelo. Devido à diversidade de taxonomias, foi decidido que a melhor abordagem seria não utilizar uma taxonomia específica, muito menos propor uma nova taxonomia, mas permitir que o pesquisador pudesse trabalhar com mais de uma ao mesmo tempo ou mesmo definir sua própria taxonomia.

Para solucionar essa questão, propusemos em BRITO *et al.* (2005c) um metamodelo para classificação de modelos, baseado numa hierarquia sem restrição no número de níveis, a fim de permitir a representação de qualquer taxonomia de modelos existente.

O metamodelo está representado no diagrama de classes da Figura 5. A hierarquia proposta é mapeada para as classes ‘Taxonomia’, ‘Área’, ‘Categoria’ e ‘Tipo’, onde uma área do conhecimento pode possuir diversas taxonomias, uma área agrupa ainda diversas categorias de modelos e uma categoria pode agrupar diversos tipos de modelos. A classe ‘Tipo’ é que, em última instância, classifica um modelo, indicando a quais tipos ele pertence. Com isso consegue-se uma forma de agrupamento de modelos, facilitando a pesquisa de modelos existentes que podem ser úteis para reutilização, evitando o desenvolvimento desnecessário de modelos a partir “do zero”.

Observando-se a classe ‘Categoria’ nota-se o auto-relacionamento, indicando que uma categoria pode possuir N níveis de subcategorias. Além disso, nota-se o

relacionamento NxN entre as classes 'Modelo' e 'Tipo', representando a ideia de que um modelo pode ser de mais de um tipo.

Além das classes referentes à classificação do modelo, o diagrama também mostra o relacionamento da classe 'Taxonomia' com outras classes do sistema, como 'Conhecimento', responsável por armazenar o conhecimento registrado sobre a taxonomia, 'ReferenciaBibliografica', representando as referências da taxonomia e 'Ontologia', onde podem ser registradas ontologias porventura existentes sobre a taxonomia, ou mesmo ontologias para mapeamento entre taxonomias (mencionado no capítulo 5 como sugestão de trabalhos futuros).

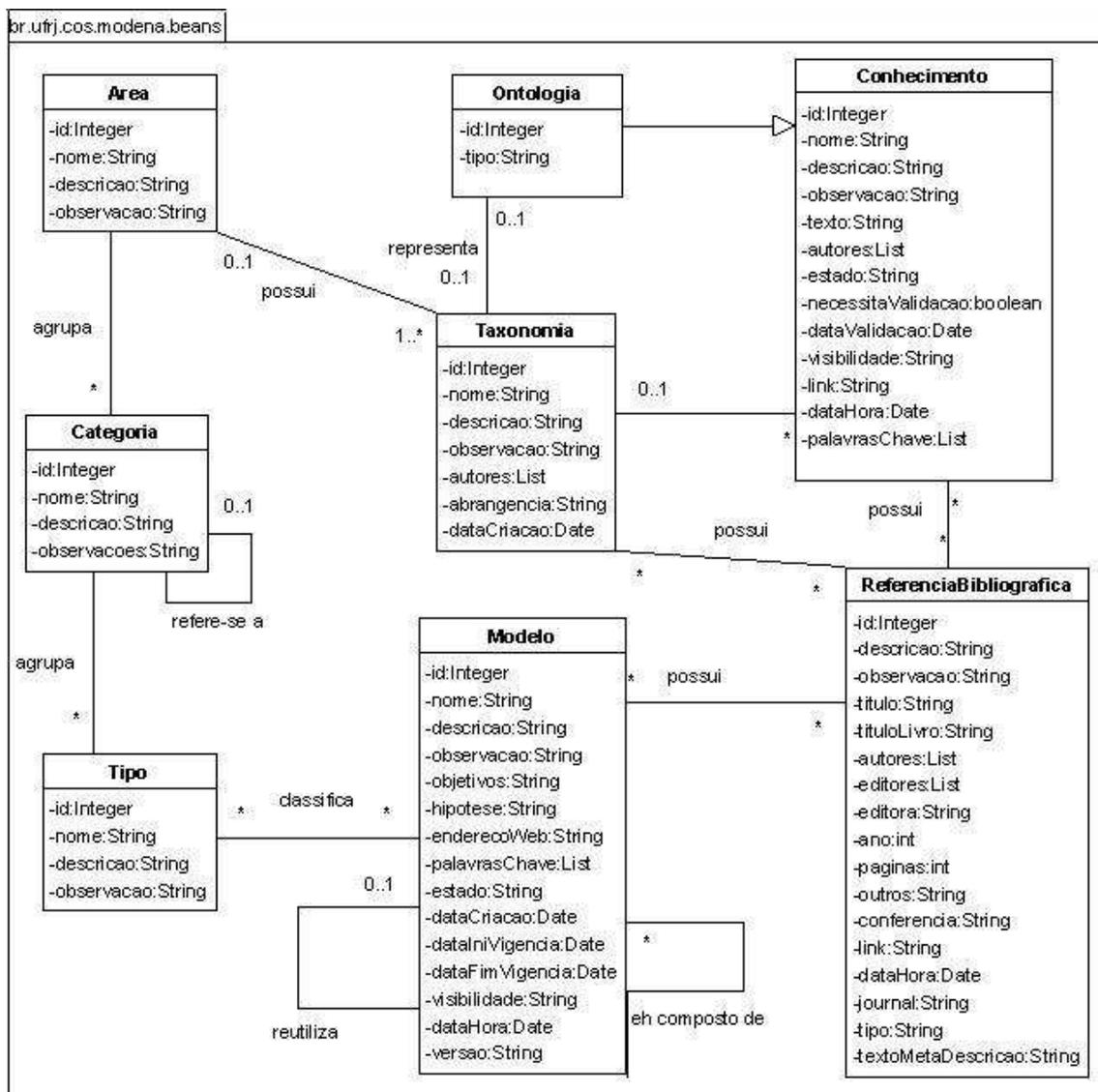


Figura 5 – Diagrama de Classes da gerência de taxonomias, do ambiente MODENA.

A fim de ilustrar o metamodelo de classificação, a Figura 6 mostra um exemplo – baseado nas taxonomias apresentadas na Seção 2.1.2 – de uma hierarquia, ou “árvore”, de tipos de modelos.

O exemplo utiliza taxonomias das áreas de Hidrologia, Meio Ambiente e Geomorfologia, que poderiam, por exemplo, ser utilizadas por uma instituição de pesquisa da área ambiental.

Neste exemplo, o nó raiz (nível 0) é apenas o ponto de partida para a árvore e não possui significado. Cada ramo da árvore, filho do nó raiz, representa uma taxonomia diferente. O número de níveis é ilimitado, sendo que cada nó no nível 1 representa uma área de aplicação (por exemplo, ‘hidrografia’ e ‘geomorfologia’) e cada nó no último nível de cada ramo (nós folhas) representa um tipo de modelo (por exemplo, ‘transporte’, ‘diário’ e ‘otimização’). Os níveis intermediários representam categorias e subcategorias nas quais os tipos de modelos podem ser agrupados (por exemplo, ‘processos’, ‘escala espacial’ e ‘matemáticos’), podendo haver nenhuma, uma ou várias categorias.

Pode-se observar pela Figura 6 que a área de Meio Ambiente não possui categorias de modelos; possui apenas tipos. Já a área de Geomorfologia possui dois níveis de categorias. Ou seja, nos níveis 1 e 3, todos os nós estão numa mesma camada, sem hierarquia entre eles. Já no nível 2 pode-se possuir de zero a várias camadas, denotando uma hierarquia entre as categorias.

Cabe ressaltar que a hierarquia apresentada na Figura 6 é apenas um exemplo, como dito anteriormente, ou seja, não se está propondo aqui uma nova taxonomia de modelos. Essa árvore pode ser, por exemplo, o conjunto de taxonomias utilizado por um grupo de pesquisa. Outro grupo, de outra área de pesquisa ou até da mesma, poderia (e provavelmente o faria) utilizar outras taxonomias de modelos. No entanto, grupos de pesquisa distintos podem, em acordo<sup>1</sup>, utilizar a mesma hierarquia de taxonomias (mesmo que não estejam utilizando a mesma instância do ambiente MODENA), a fim de facilitar o intercâmbio de modelos.

---

<sup>1</sup> Esse acordo, no entanto, não é uma questão simples, mas sim uma tarefa que pode envolver um grande esforço de negociação entre as partes envolvidas. SOUZA (2006) descreve uma série de técnicas e propõe uma ferramenta para apoio a essa negociação.

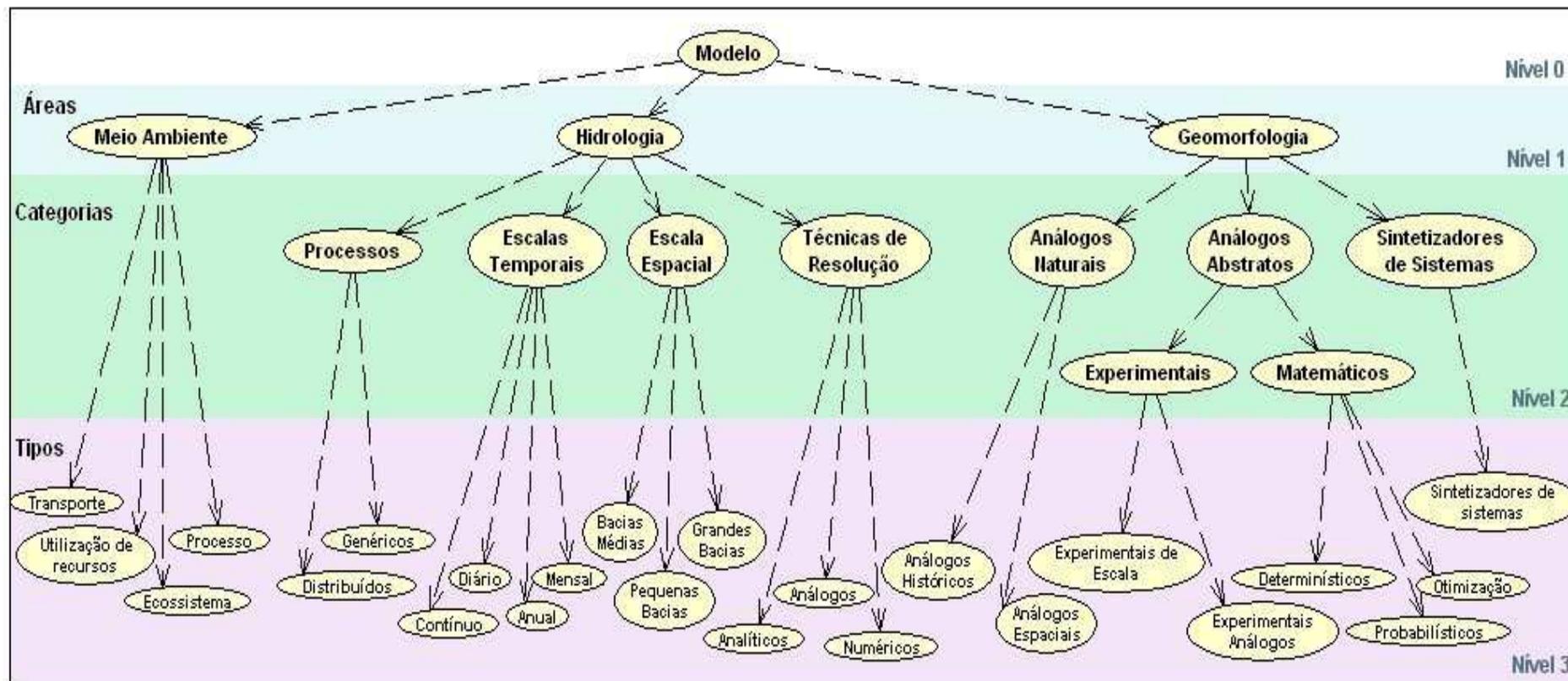
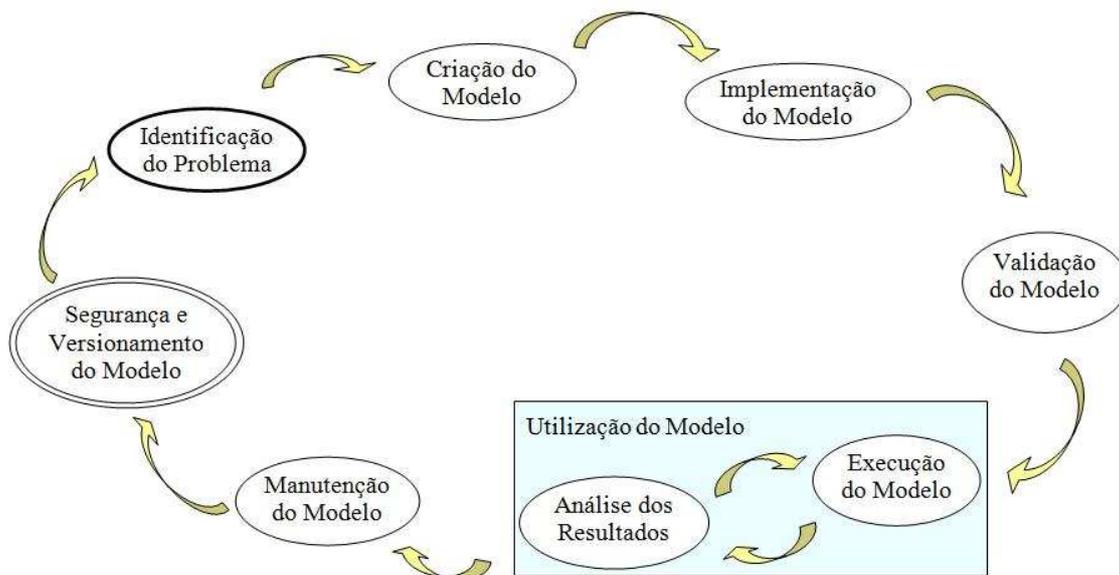


Figura 6 – Exemplo de uma hierarquia de taxonomias de modelos (adaptado de (BRITO *et al.*, 2005c)), para ilustrar o metamodelo de classificação contido na Figura 5.

### 3.2 – Integração entre o Ciclo da Gestão do Conhecimento e o Ciclo de Vida da Modelagem

Observando-se as etapas do Ciclo de Vida da Modelagem, descritas na Seção 2.2.1, pode-se inferir que muito conhecimento acerca do processo de modelagem e dos próprios modelos, é utilizado ou criado. A partir disso, observou-se que as etapas do Ciclo da Gestão do Conhecimento (descritas na Seção 2.3.1) podem fornecer grande suporte para o gerenciamento do conhecimento utilizado ou gerado durante todo o processo de modelagem. Desse modo, esta seção descreve a proposta de como as etapas do Ciclo da Gestão do Conhecimento podem apoiar as etapas do Ciclo de Vida da Modelagem descrito por KRISHNAN E CHARI (2000). Como mencionado no capítulo anterior, apesar de o trabalho desses autores ser baseado em modelos da área de Pesquisa Operacional, as etapas do ciclo da modelagem podem ser facilmente adaptadas ao desenvolvimento de modelos científicos (ou de qualquer outro tipo de modelo).



**Figura 7** – Adaptação do Ciclo de Vida da Modelagem proposto por KRISHNAN E CHARI (2000) à Gestão de Modelos Científicos.

A Figura 7 apresenta algumas adaptações que realizamos ao Ciclo de Vida da Modelagem proposto por KRISHNAN E CHARI (2000), visando adaptá-lo mais à realidade de modelos científicos. Alteramos a denominação da etapa ‘Solução do Modelo’ por ‘Execução do Modelo’, para representar a atividade realizada em experimentos científicos, após o modelo ter sido validado e liberado para uso. A etapa ‘Interpretação do Modelo’ foi substituída por ‘Análise dos Resultados’, representando a análise efetuada pelos pesquisadores a partir do resultado da execução dos modelos

científicos. Podemos nos referir a essas duas etapas em conjunto como ‘Utilização do Modelo’. Essa visão representa um “elo” entre a conclusão do desenvolvimento e a manutenção do modelo. É na utilização do modelo que surgem necessidades de correção ou de melhoria, que levam à manutenção, refinamento e consequente versionamento do modelo, reforçando a iteratividade do processo de modelagem. Enquanto as outras etapas atuam no nível de definição do modelo, a utilização é a instanciação do modelo, onde, naturalmente, podem ser feitas várias iterações antes de o modelo sofrer alguma manutenção.

É importante notar que a partir de cada uma das etapas pode-se voltar às etapas anteriores, caracterizando um ciclo em espiral, para o desenvolvimento de um modelo.

O objetivo da proposta de apoio à modelagem é fornecer ao modelador uma ferramenta que o auxilie durante todo esse processo, para que ele possa identificar e registrar as informações e o conhecimento sobre o modelo desde antes do seu “nascimento”. Desse modo, a catalogação de um modelo em desenvolvimento é feita de forma incremental, onde a cada nova fase do processo, novas informações e conhecimento são acrescentados ao modelo catalogado até que ele esteja pronto para ser utilizado. A partir dessa discussão foi identificado como pode ser feito o apoio ao ciclo da modelagem pela gestão do conhecimento. A Tabela 1 apresenta como se dá esse apoio.

Cabe observar que o ambiente MODENA não se propõe a ser um software de modelagem. O apoio ao ciclo da modelagem se dá pelo auxílio à identificação e registro do conhecimento e dos dados gerados em cada etapa da modelagem, além do modelo resultante. Cabe lembrar ainda que cada item a seguir refere-se mais especificamente a modelos científicos.

Uma vez que o processo de modelagem deve ser executado para cada modelo a ser desenvolvido, os conhecimentos obtidos nas etapas a seguir podem referir-se tanto ao processo de modelagem em si quanto ao novo modelo, mais especificamente. Ou seja, a cada novo modelo há a possibilidade de novos conhecimentos serem necessários ou desenvolvidos, bem como o processo de modelagem ser aperfeiçoado.

**Tabela 1** – Interrelacionamento entre as etapas do Ciclo da GC e as etapas do Ciclo de Vida da Gestão de Modelos

<i>Etapas do Ciclo da Gestão do Conhecimento</i>	<b>Identificação do Conhecimento</b>	<b>Captura do Conhecimento</b>	<b>Seleção e Validação do Conhecimento</b>	<b>Organização e Armazenagem do Conhecimento</b>	<b>Compartilhamento do Conhecimento</b>	<b>Aplicação do Conhecimento</b>	<b>Criação do Conhecimento</b>
<i>Etapas da Modelagem</i>							
<b>Identificação do Problema</b>	Identificar as lacunas existentes para a correta descrição do problema, incluindo a delimitação do escopo	Identificar os insumos necessários para preencher essas lacunas, como notas, rascunhos, materiais publicados, dados existentes, ou mesmo pessoas que possuem o conhecimento desejado	Identificar e consolidar, dentre os materiais e conhecimentos obtidos, os que são úteis à descrição do problema e descartar os que não forem úteis ou os que forem redundantes	Classificar os materiais e conhecimentos selecionados e registrá-los no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os membros da equipe que irão participar da identificação do problema	Possibilitar a recuperação dos materiais e conhecimentos adquiridos e registrar lições aprendidas e ganhos obtidos na aplicação desse conhecimento à identificação do problema	Produzir a correta identificação do problema como resultado final e disseminar os conhecimentos adquiridos durante essa etapa e para outras equipes de modelagem
<b>Criação do Modelo</b>	Identificar variáveis, parâmetros, componentes, bem como modelos que atendem a parte do problema, além dos conhecimentos necessários para a construção do modelo	Obter os componentes, submodelos e conhecimentos necessários, para a construção do modelo	Identificar e consolidar os componentes e conhecimentos úteis à construção do modelo e descartar os não úteis ou redundantes	Classificar os componentes e conhecimentos selecionados e registrá-los no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os membros da equipe que irão participar da construção do modelo	Possibilitar a recuperação dos componentes e conhecimentos adquiridos e registrar lições aprendidas na aplicação do conhecimento	Criar e formalizar os conceitos surgidos durante a criação do modelo e disseminar para outras equipes

<b>Implementação do Modelo</b>	Identificar possíveis programas que implementam partes do modelo, bem como os conhecimentos e competências necessários para a implementação computacional do modelo	Realizar o treinamento da equipe nas ferramentas necessárias e promover discussões sobre boas práticas para a implementação	Identificar e consolidar os programas e conhecimentos úteis à implementação do modelo e descartar os não úteis ou redundantes	Classificar os programas e conhecimentos selecionados e registrá-los no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os membros da equipe que irão realizar a implementação computacional	Registrar as lições aprendidas pela equipe de implementação e registrar as melhores práticas utilizadas/ aprendidas durante essa etapa	Disponibilizar os programas produzidos e disseminar as melhores práticas criadas para outras equipes de implementação
<b>Validação do modelo</b>	Identificar os conhecimentos e competências necessárias para validar a correteude do modelo	Facilitar a aquisição dos conhecimentos e habilidades necessárias, para a validação do modelo	Identificar e consolidar o conhecimento útil à validação e descartar o conhecimento não útil ou redundante	Classificar o conhecimento selecionado e registrá-lo no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os validadores	Registrar as lições aprendidas na validação e as sugestões de melhoria para as etapas anteriores	Criar e formalizar os conceitos surgidos durante a validação do modelo e disseminar para outras equipes
<b>Execução do Modelo</b>	Identificar todos os componentes bem como os conhecimentos necessários para a execução do modelo	Obter os componentes e o material necessário para entendimento dos softwares desenvolvidos	Identificar e consolidar, dentre os materiais e conhecimentos obtidos, os que são úteis à execução e descartar os que não forem úteis ou redundantes	Classificar o conhecimento selecionado e registrá-lo no sistema, para facilitar sua recuperação	Incrementar a documentação de uso e treinamento do modelo, para melhorar o desempenho de novos utilizadores	Registrar as lições aprendidas na execução e as sugestões para melhoria dos softwares desenvolvidos	Formalizar o conhecimento obtido e disseminar para outras equipes e utilizadores

<b>Análise dos Resultados</b>	Identificar os conhecimentos necessários para a análise dos resultados da execução	Facilitar a aquisição dos conhecimentos e habilidades necessárias para a análise dos resultados	Identificar e consolidar o conhecimento útil à análise dos resultados e descartar o conhecimento não útil ou redundante	Classificar o conhecimento selecionado e registrá-lo no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os utilizadores do modelo e dos membros da equipe de modelagem, que irão realizar a análise	Registrar as lições aprendidas e os impactos observados durante a análise dos resultados	Criar e formalizar os conceitos surgidos durante a análise dos resultados e disseminar para outras equipes e utilizadores
<b>Manutenção do modelo</b>	Identificar os componentes e conhecimentos necessários para a equipe que irá realizar a manutenção do modelo, observando o levantamento feito na criação e implementação do modelo	Facilitar a aquisição dos conhecimentos necessários, para a manutenção do modelo, observando os que já tenham sido levantados na criação e implementação	Identificar e consolidar o conhecimento útil à criação do modelo e descartar o conhecimento não útil ou redundante	Classificar o conhecimento selecionado e registrá-lo no sistema de Gestão do Conhecimento, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os membros da equipe que realizam tanto a manutenção, quanto os que realizam o desenvolvimento e a implementação do modelo	Registrar as lições aprendidas durante a manutenção do modelo	Criar e formalizar os conceitos eventualmente surgidos durante a manutenção do modelo e disseminar para outras equipes
<b>Segurança e Versionamento do modelo</b>	Identificar os conhecimentos necessários para a segurança e controle de versão do modelo	Facilitar a aquisição dos conhecimentos necessários para estabelecer controle de acesso	Identificar e consolidar o conhecimento útil e descartar o não útil ou redundante	Classificar o conhecimento selecionado e registrá-lo no sistema, para facilitar sua recuperação	Disseminar o conhecimento adquirido entre os responsáveis pela segurança e pelo controle de versão	Registrar as lições aprendidas na aplicação do conhecimento	Criar e formalizar os conceitos surgidos e disseminar para outras equipes

Em cada etapa da modelagem busca-se identificar o conhecimento necessário para o seu desenvolvimento. O mapeamento do conhecimento e das competências necessárias permite um melhor planejamento, qualidade e agilidade na modelagem. Esse mapeamento pode ser melhor realizado se forem tomadas as seguintes ações:

- identificar os conhecimentos necessários para a realização de cada etapa da modelagem;
- identificar as pessoas da instituição ou do grupo de pesquisa que possuem os conhecimentos necessários;
- caso necessário, identificar as pessoas externas ao grupo que possuem os conhecimentos requeridos;
- identificar as fontes de informação relativas aos conhecimentos identificados, como referências bibliográficas, além do próprio ambiente MODENA.

Para auxiliar nessa etapa pode-se fazer uso de ferramentas como Mapas Mentais, que permitem representar de forma gráfica as pessoas e os conhecimentos necessários, bem como suas interrelações, além de *links* das fontes de informação, entre outros. O conhecimento requerido pode ser então registrados no ambiente MODENA.

Uma vez identificado o conhecimento necessário, deve-se procurar obtê-lo a fim de auxiliar na modelagem. Para promover a captura, pode-se:

- convidar/atrair as pessoas internas para integrarem/colaborarem com o projeto de modelagem;
- montar parcerias ou contratar as pessoas externas identificadas;
- obter os conhecimentos necessários para a realização da etapa, a partir das fontes levantadas.

Após a seleção das pessoas/fontes de conhecimento, deve-se tentar formalizá-lo e registrá-lo, visando explicitá-lo. Esse registro pode ser temporário, uma vez que o conhecimento deve ser validado para fazer parte definitivamente da base de conhecimento da organização.

O conhecimento obtido deve ser “filtrado” e “aprovado”. Uma vez que nem todo conhecimento é útil, ou que existem conhecimentos redundantes, devem ser selecionados os conhecimentos realmente úteis à criação do modelo em questão.

Uma vez selecionados e validados, os conhecimentos estão prontos para serem incorporados definitivamente na base de conhecimento da organização, para serem utilizados no processo corrente de modelagem ou no desenvolvimento de novos

modelos. Para isso o conhecimento deve ser marcado como ‘validado’ no ambiente MODENA.

Os conhecimentos validados passam a fazer parte da base de conhecimento do ambiente MODENA, para serem aplicados ao modelo corrente ou a desenvolvimentos futuros.

Após o registrar dos conhecimentos, deve-se compartilhá-los com os outros membros da organização a fim de que auxiliem nos processos de modelagem. Além da disponibilização dos conhecimentos na base e dos mecanismos de consulta do ambiente, pode-se exibir os conhecimentos numa área de notícias, na página inicial do site, para chamar a atenção dos outros membros aos novos conhecimentos e facilitar a disseminação. Pode-se também realizar treinamentos para ensinar/divulgar os novos conhecimentos para os membros da organização.

Além disso, os conhecimentos podem ser exportados para outras bases ou para pessoas sem acesso ao ambiente, caso seja necessário.

O conhecimento obtido e registrado pode ser então efetivamente utilizado para o fim requerido por cada etapa da modelagem. As ações para isso são:

- revisar o conhecimento obtido e procurar utilizá-lo, na realização de cada etapa;
- registrar no ambiente as lições aprendidas no emprego do conhecimento e na execução da etapa de modelagem;
- registrar as vantagens obtidas e as dificuldades encontradas na utilização do conhecimento ou na execução da etapa de modelagem.

Os conhecimentos criados em cada etapa são difundidos e tornam-se parte do ativo da organização. A consolidação dos conhecimentos dá origem a novos conceitos, que se incorporam à cultura da organização.

Os conceitos e os conhecimentos consolidados formam a base da organização para novas iterações do processo de modelagem, numa evolução contínua desse processo, tornando a geração de novos modelos mais eficiente, rápida e com maior qualidade.

### 3.3 – Apoio da Gestão do Conhecimento aos processos de modelagem no Ambiente MODENA

Nesta seção, apresenta-se a proposta do ambiente MODENA para a gestão do conhecimento sobre modelos científicos. Os requisitos levantados para tanto levaram em consideração a necessidade de:

- Catalogar os modelos utilizados ou desenvolvidos por uma organização ou grupo de pesquisa;
- Formalizar o conhecimento sobre esses modelos, obtidos durante a modelagem e/ou utilização do modelo;
- Recuperar os modelos e seu conhecimento;
- Gerar novos modelos e conhecimentos mediante a composição de modelos, ou seja, a geração de novos modelos a partir de modelos existentes; e
- Realizar o intercâmbio de modelos e permitir a troca de conhecimento entre equipes de pesquisadores seja mediante o intercâmbio entre bases de modelos (importação e exportação de modelos), seja na disponibilização de modelos como objetos de conhecimento (ou KO – *Knowledge Objects*) (OLIVEIRA E SOUZA, 2004).

Uma das premissas que dão suporte ao gerenciamento de modelos, segundo DOLK (1986), é que modelos, assim como dados, são recursos importantes de uma organização e devem ser gerenciados com tanto rigor e atenção quanto os dados. Assim, para ele, um MMS (*Model Management System*) deve prover, no mínimo, funcionalidades similares a um SGBD:

- Descrição do modelo;
- Manipulação do modelo; e
- Controle do modelo.

O MODENA vai além dessas funcionalidades, acrescentando a gestão do conhecimento à gestão de modelos, possibilitando um avanço no desenvolvimento e no uso dos modelos.

Nas subseções a seguir descreve-se cada funcionalidade do ambiente proposto, por meio de fluxogramas que denotam um tipo de “*wizard*”, auxiliando o pesquisador na construção/utilização do modelo.

### **3.3.1 – Identificação do problema e seleção do modelo**

Como dito anteriormente, um pesquisador quando pretende solucionar um problema que está sendo investigado, precisa inicialmente identificar o problema da melhor maneira possível. Após a identificação, o pesquisador precisa encontrar o melhor modelo que se adeque à solução do problema em questão. Em paralelo, é importante que ele registre o conhecimento obtido nessa identificação e seleção, visando dar maior subsídio a novas identificações de modelos, permitindo maior foco e redução do tempo de investigação.

Para auxiliar nessas tarefas, propõe-se um fluxo de atividades, apresentado no diagrama da Figura 8. O usuário pode utilizar as facilidades de busca, a fim de determinar se já existe no repositório um modelo semelhante ao que ele deseja. Caso não exista, ele pode optar por procurar externamente ao sistema se há algum modelo com as características que ele deseja. Caso encontre, ele pode seguir os passos do diagrama descrito na próxima seção para catalogar o modelo no sistema, incorporando-o assim à base de modelos.

Se novamente o usuário não encontrou um modelo satisfatório, ele poderá desenvolver um próprio para a solução do problema.

### **3.3.2 – Identificação e Registro de Modelos**

Uma das dificuldades de se gerenciar modelos é a sua identificação e registro em um sistema. As dificuldades ocorrem tanto ao se tentar identificar quando o objeto em questão é realmente um modelo (ou ainda, se ele representa vários modelos), quanto ao se determinar que informação sobre os modelos devem ser registradas no sistema.

A fim de sistematizar a catalogação dos modelos, propõe-se aqui um fluxo de atividades para a identificação dos mesmos e das informações subjacentes. Esse fluxograma serve como um guia para o levantamento de informações de todos os modelos utilizados num projeto ou por uma equipe de pesquisa.

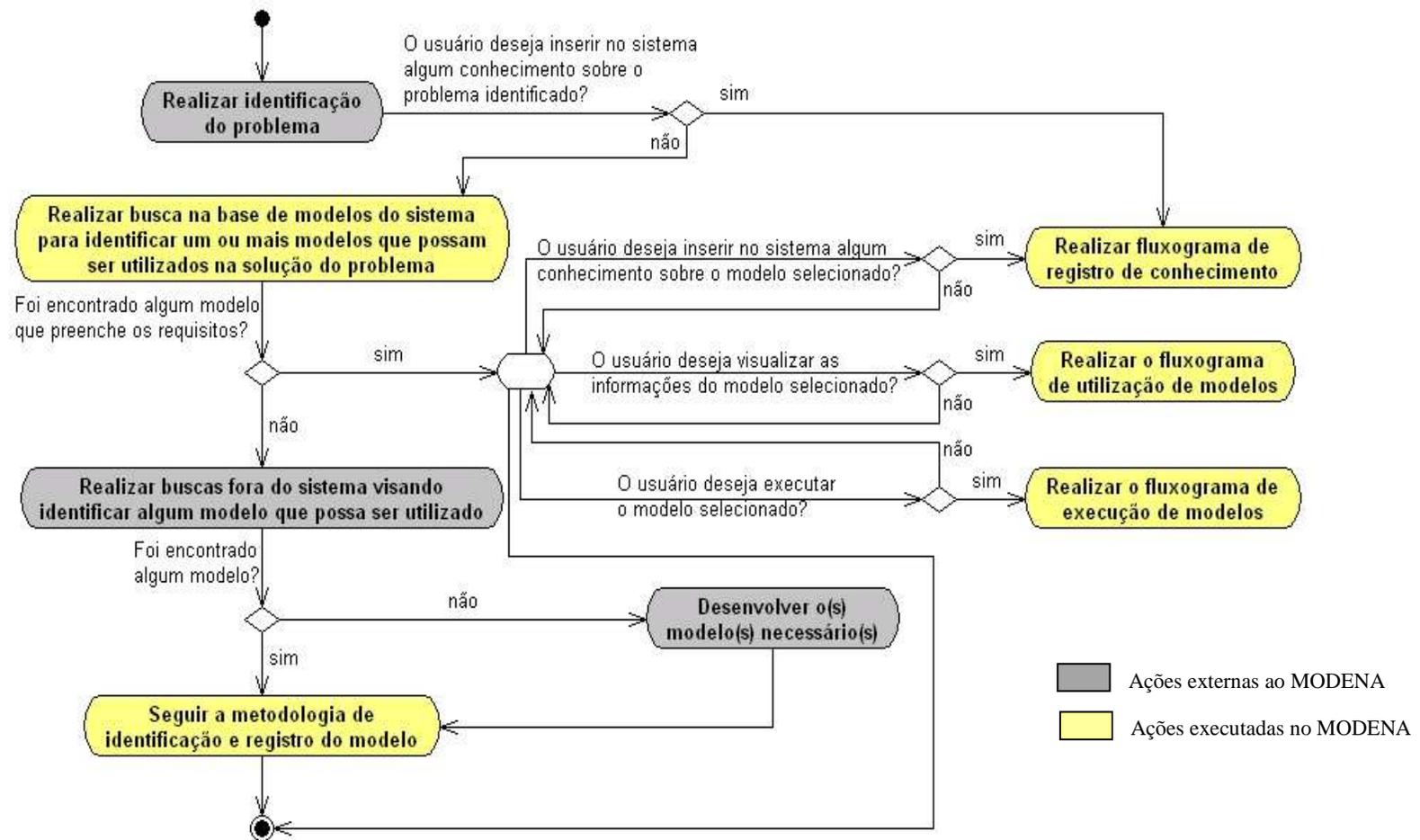
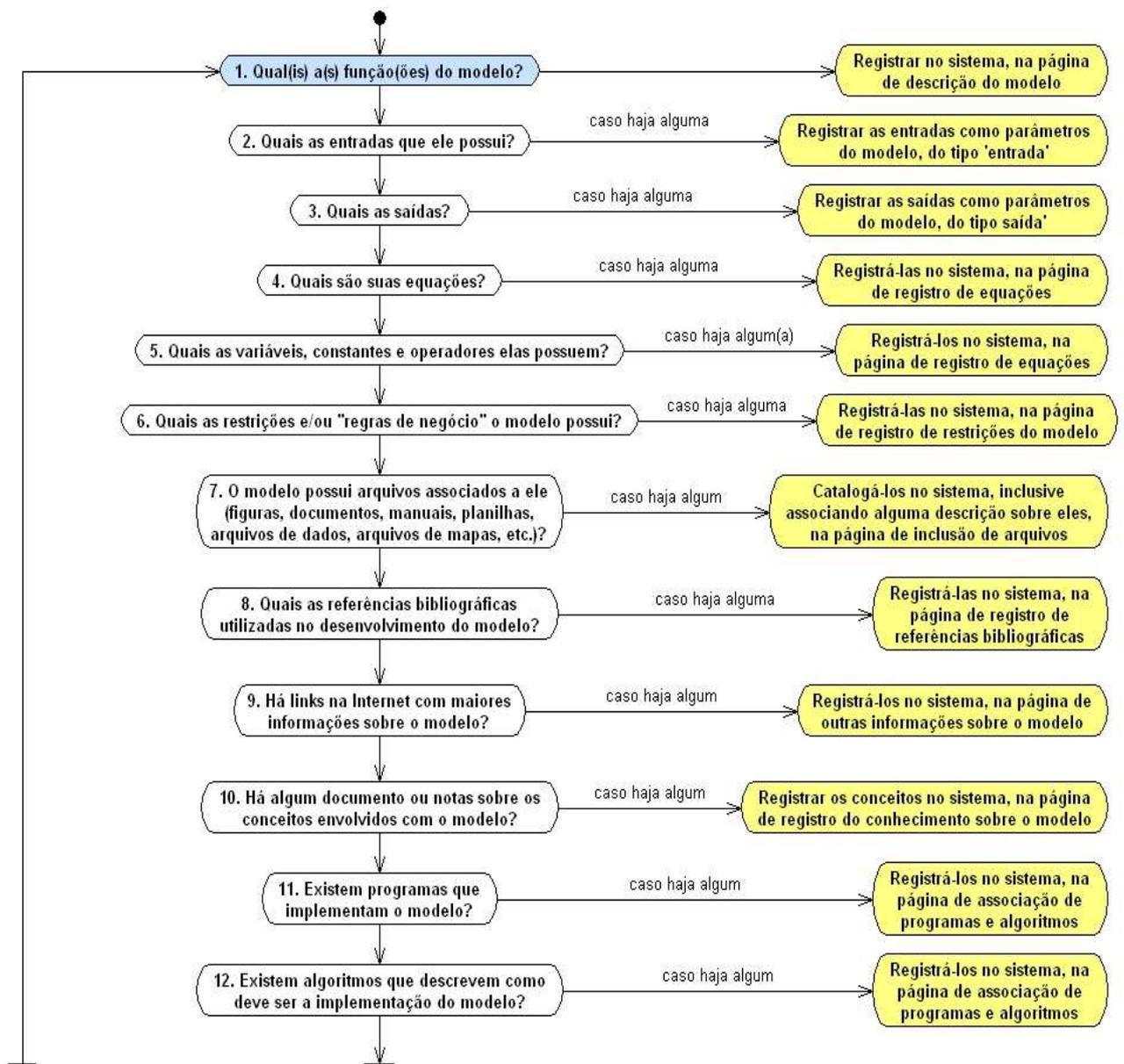


Figura 8 – Fluxograma para identificação do problema e seleção do modelo.

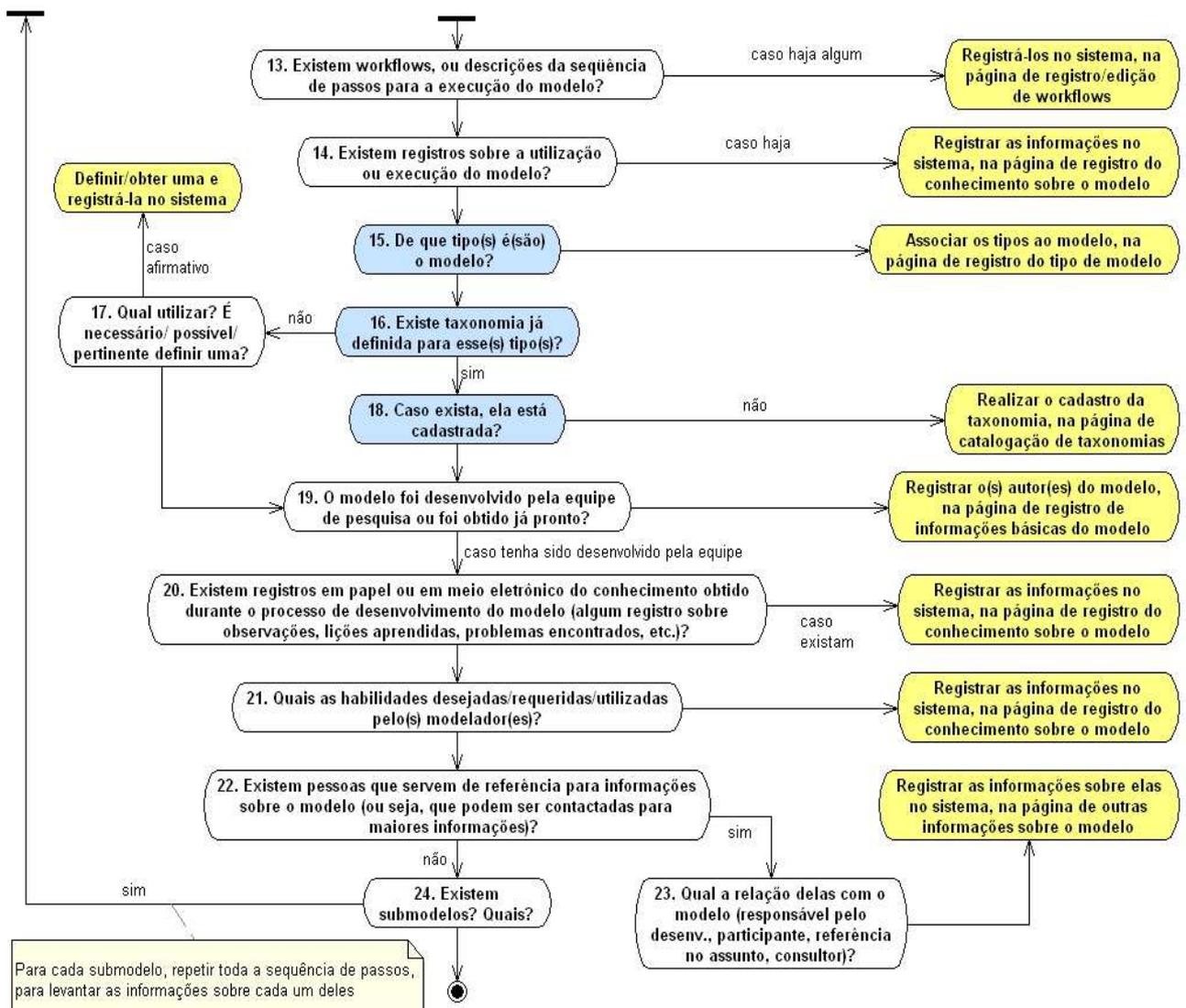
O fluxograma foi desenhado como uma forma de questionário que procura levantar o maior número possível de informações sobre o modelo, servindo como um guia passo-a-passo para a identificação e o registro do modelo no sistema. Este questionário pode ser aplicado à equipe, ao líder da equipe ou ao pesquisador chefe, conforme conveniência, conhecimento e/ou disponibilidade de cada um. As Figuras 9 e 10 apresentam um fluxograma contendo as questões propostas e as ações a serem tomadas a partir das respostas a cada questão. Cada ação leva ao registro da informação correspondente, constituindo uma abordagem incremental do registro do modelo. Pode-se observar ainda que, para cada sub-modelo que compõe o modelo sendo catalogado, todo o questionário é aplicado novamente visando levantar o mais completamente possível as informações.

Embora nem todas as questões precisem ser respondidas para efetuar a catalogação, quanto mais dados sobre o modelo puderem ser levantados, mais rico torna-se o registro das informações e do conhecimento sobre ele e, por consequência, melhores são as possibilidades de recuperação e de utilização do modelo.

Cabe observar que para a execução desse fluxo, o modelo já deve ter sido identificado ou desenvolvido, conforme o fluxo anterior.



**Figura 9** – Fluxograma de levantamento de informações para catalogação de um modelo.



**Figura 10** – Fluxograma de levantamento de informações para catalogação de um modelo (continuação).

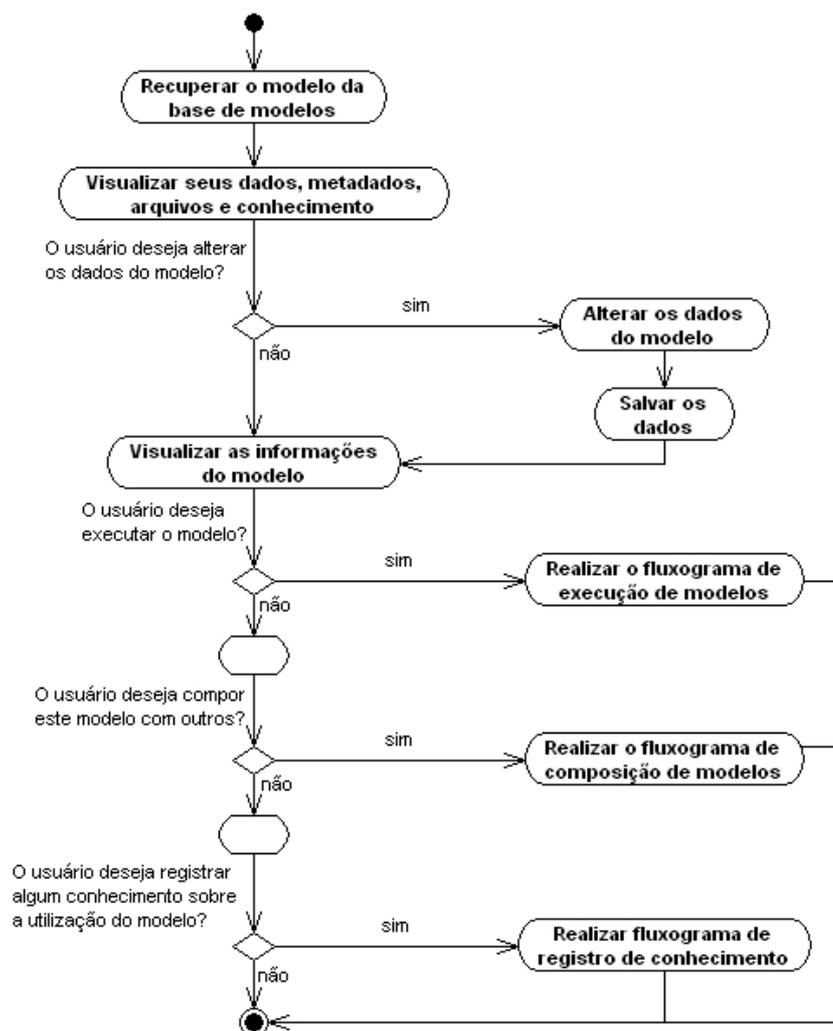
Com relação ao registro incremental do modelo, o ambiente MODENA manterá um histórico de alterações do modelo, onde a cada alteração o sistema atribuirá uma versão ao modelo. Além da versão atribuída pelo sistema, o usuário poderá definir *tags*, ou marcações, para ele mesmo atribuir um rótulo para a versão do modelo.

### **3.3.3 – Utilização de modelos**

Os modelos catalogados no repositório do ambiente podem ser utilizados de várias formas, principalmente para:

- Visualizar as informações sobre o modelo;
- Alterar suas informações;
- Registrar algum conhecimento sobre o modelo;
- Utilizá-lo em alguma composição;
- Executar um modelo;
- Analisar os casos passados sobre ele.

A Figura 11 apresenta um diagrama de como o sistema tratará a utilização do modelo descrita acima.



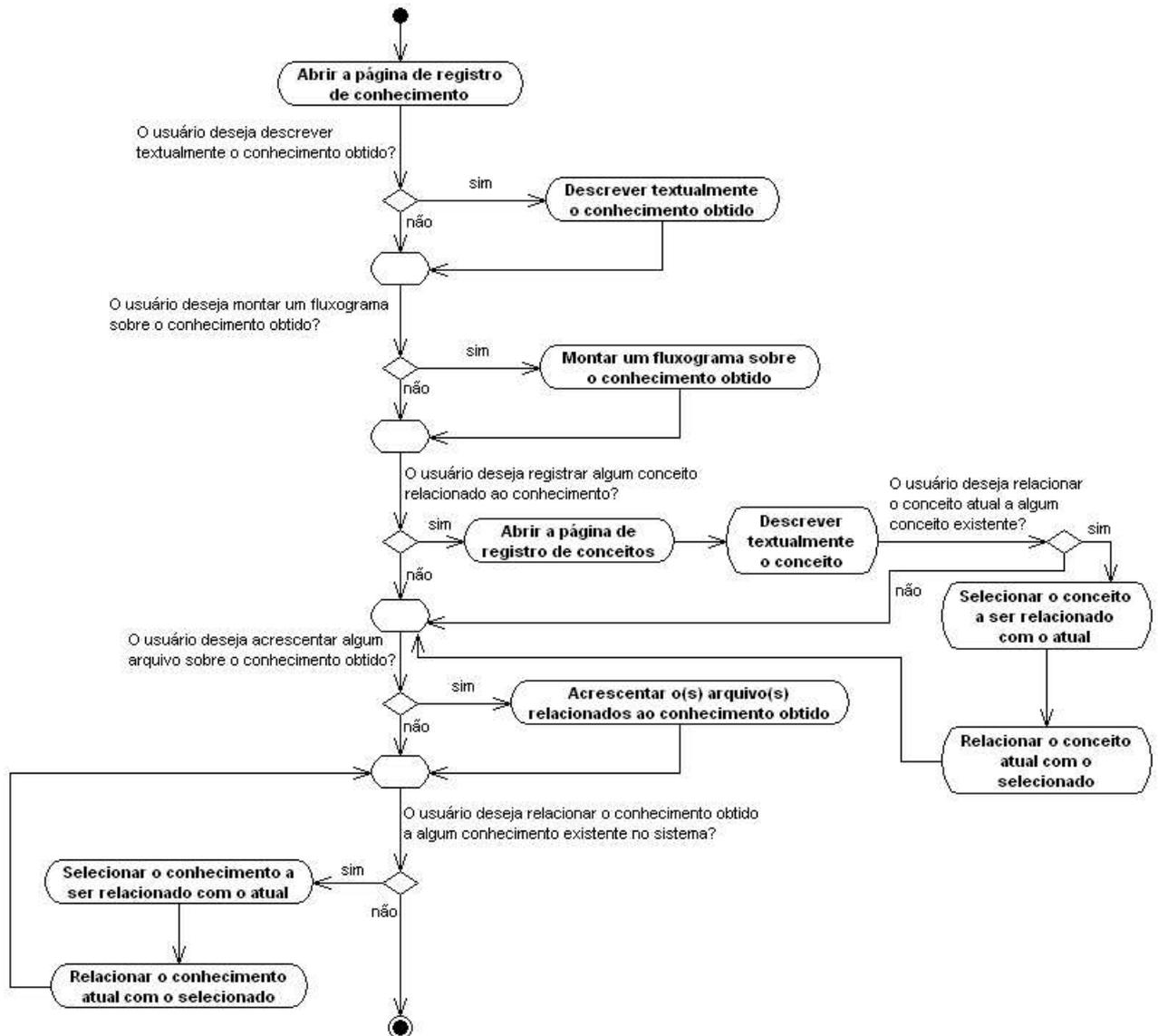
**Figura 11** – Fluxograma que representa a utilização de modelos no ambiente MODENA.

### 3.3.4 – Gestão do Conhecimento

A Gestão do Conhecimento não é um módulo isolado do ambiente MODENA. Ela está presente em todas as funcionalidades do MODENA como apoio à identificação e utilização do conhecimento em todas as etapas. Nesta seção está separada apenas para enfatizar as funcionalidades de registro, busca e intercâmbio do conhecimento, que podem ser feitos independentemente ou a partir de outros módulos do sistema, como o de registro do modelo, o de composição do modelo e o de execução do modelo.

O diagrama da Figura 12 ilustra a captura de conhecimento sobre os modelos dentro do ambiente MODENA. Nela observa-se que o conhecimento pode ser registrado textualmente, bem como graficamente, por meio de diagramas. Além disso, pode-se incluir arquivos que possuem ligação com o conhecimento sendo registrado, como figuras, diagramas, mapas mentais, arquivos texto, entre outros.

O sistema permite ainda que se associe o conhecimento que está sendo registrado a outros que já estejam catalogados no repositório. Além disso, pode-se associar conceitos ao conhecimento sendo registrado, inclusive associando o novo conceito a outros já registrados na base do sistema.



**Figura 12** – Fluxograma para registro de conhecimento no ambiente MODENA.

O sistema também permitirá a busca pelo conhecimento armazenado no repositório. A busca poderá ser feita diretamente por palavras-chave, ou retornando os conhecimentos relacionados a um modelo.

A partir do conhecimento selecionado, pode-se ter acesso aos conceitos ligados a ele, bem como a outros registros de conhecimento também a ele relacionados. O usuário pode optar ainda por editar ou excluir o conhecimento selecionado, caso possua privilégio para tanto.

Outra opção que estará disponível ao usuário é o intercâmbio de conhecimento. O usuário poderá exportar o conhecimento selecionado em formatos como CSV, XML e KO para que este possa ser usado por outros usuários ou mesmo importado em outros sistemas, ou instâncias do ambiente MODENA instaladas em outras instituições ou grupos de pesquisas.

### **3.3.5 – Decomposição, Composição e Reuso de Modelos**

Freqüentemente modelos são utilizados ou desenvolvidos como um grande bloco, que os tornam difíceis de serem compreendidos ou gerenciados. Para facilitar o entendimento de um modelo, bem como a identificação, o registro ou mesmo seu desenvolvimento e reutilização o mesmo pode ser “dividido” em unidades menores, ou submodelos. Essa tarefa pode ser denominada de “decomposição de modelos”.

Cada submodelo pode ser encarado como um modelo que representa uma porção da realidade e possui uma função específica. Dessa forma, esses “pequenos” modelos podem ser combinados, de modo coeso, para formar o modelo maior, responsável pela solução de um problema especificado pelo pesquisador. Assim, um modelo pode ser utilizado para geração de novos modelos projetados para solução de novos problemas. Essa tarefa pode ser caracterizada como “composição de modelos”. A própria construção de um grande modelo pode começar a partir da construção de modelos menores, de forma modular, sob a estratégia de “dividir para conquistar”. Se por um lado os modelos menores podem ser “montados” para formar o modelo maior, por outro esses modelos menores podem ser utilizados por si só, bem como podem ser utilizados em outras composições.

Dessa forma, modelos podem simplesmente ser utilizados para outros fins diferentes diretamente daqueles para os quais foram desenvolvidos, podendo alterar ou não algumas de suas características (criando novas versões do modelo). Isso caracteriza o “reuso de modelos”.

Como visto na Seção 2.2.1.2, KRISHNAN E CHARI (2000) afirmam que a tarefa de criação de um modelo envolve mecanismos como formulação, integração, seleção/modificação, composição e reuso de modelos. Neste trabalho aborda-se apenas os três últimos.

Com relação à identificação e registro de um modelo no sistema, pode-se pensar que a decomposição caracteriza uma abordagem “*top-down*” de catalogação de modelos, enquanto que a composição denota uma abordagem “*bottom-up*”.

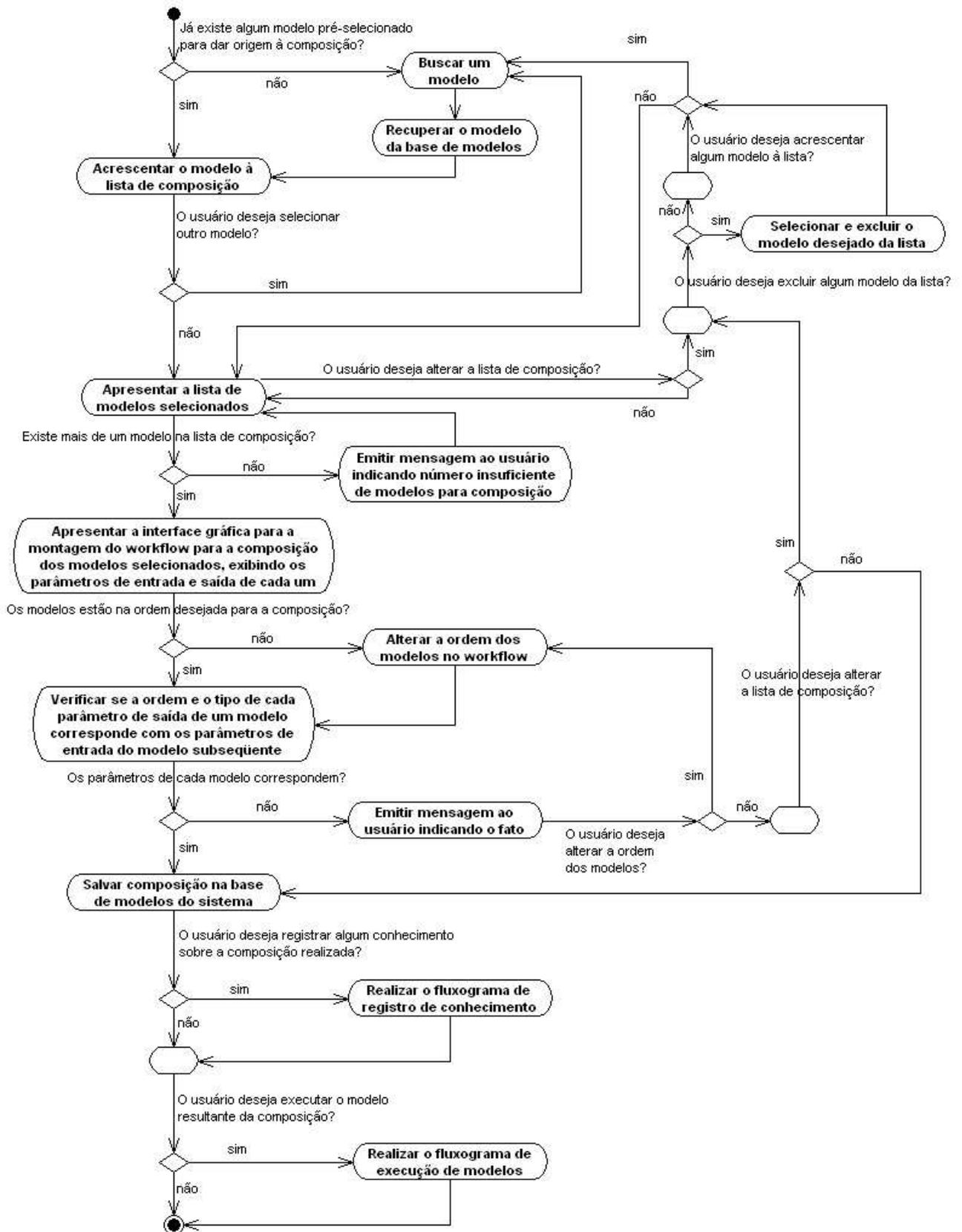
A Figura 13 ilustra como será tratada a composição de modelos no ambiente MODENA. A figura descreve a interação entre o usuário e o sistema para realizar a composição.

A composição pode ser utilizada para:

- desenvolver novos modelos a partir de modelos existentes na base;
- testar combinações de modelos por meio de simulações (execuções) para determinar qual a melhor combinação.

Já a decomposição é utilizada para:

- dividir um modelo complexo em modelos mais simples (sub-modelos) a fim de facilitar sua identificação e registro;
- extrair, dentre os sub-modelos, aqueles que podem ser reutilizados para outras aplicações diferentes daquela para a qual o modelo “pai” foi desenvolvido.



**Figura 13** – Fluxograma para composição de modelos no ambiente MODENA.

O pesquisador pode decompor um modelo complexo por meio da identificação de possíveis partes que sejam atômicamente funcionais, que possam ser separadas e

depois compostas, sem perda de semântica nem de funcionalidade do modelo original. Feito isto, ele pode utilizar o ambiente MODENA para efetuar o registro dos sub-modelos e, em seguida, realizar a composição destes para montar o modelo original no sistema, utilizando o mesmo diagrama da Figura 13.

Assim, ao mesmo tempo em que o registro do modelo torna-se mais simples, os sub-modelos gerados podem ser utilizados por si só, reutilizados para gerar outros modelos ou fazer parte de novas composições para também gerar novos modelos.

Tanto a composição quanto a decomposição e o reuso de modelos pode gerar conhecimento, que pode ser registrado no sistema, conforme indicado na Figura 13.

## **Capítulo 4 – MODENA: Um Ambiente para a Gestão de Conhecimento sobre Modelos Científicos**

Para validar as propostas descritas no capítulo anterior, foram realizadas algumas etapas. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa sobre a prática da Gestão do Conhecimento sobre modelos em organizações científicas brasileiras, visando avaliar a necessidade e utilidade do sistema. Para tanto, foi criado um questionário, aplicado via web, transcrito no Anexo 1.

Em seguida, foi desenvolvido um modelo conceitual de classes, para representar a base do sistema. Por fim, foram implementados a base de dados, algumas funcionalidades do sistema proposto e descrito um exemplo de aplicação.

Nas seções a seguir descreve-se cada uma dessas etapas.

### **4.1 – Pesquisa sobre a Prática da Gestão do Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

A fim de validar a hipótese da necessidade do suporte da Gestão do Conhecimento na área de modelagem, foi desenvolvido um questionário, via web<sup>2</sup>, a ser aplicado a pesquisadores, especialmente que trabalham com modelos ou modelagem em diversas áreas do conhecimento.

O objetivo principal era identificar a proporção de pesquisadores que utilizavam sistemas para modelagem, sistemas para Gestão do Conhecimento ou sistemas que implementassem as duas abordagens. Caso não utilizassem sistemas para Gestão do Conhecimento e Gestão de Modelos simultaneamente, qual seria a utilidade de um sistema como esse.

#### **4.1.1 – Dados estatísticos sobre as respostas**

A seguir apresenta-se uma síntese do tratamento estatístico das respostas.

Cerca de 50% dos respondentes relataram que às vezes<sup>3</sup> realizam a gestão do conhecimento em seus trabalhos de pesquisa, enquanto que aproximadamente 37,5%

---

<sup>2</sup> Disponível no endereço: <http://hmbrito.limequery.com/index.php?sid=47943&lang=pt-BR>

<sup>3</sup> Como pode ser observado no Anexo 2, as respostas possíveis à maioria das perguntas de múltipla escolha são 'Nunca', 'Raramente', 'Às vezes' e 'Frequentemente'. Para algumas perguntas são simplesmente 'sim' ou 'não'. No texto é possível fazer a distinção.

responderam que realizam frequentemente. Cerca de 62,5% responderam que frequentemente utilizam modelos em seus trabalhos de pesquisa, enquanto que 37,5% utilizam às vezes. 50% responderam que desenvolvem modelos frequentemente, ao passo que 25% nunca desenvolveram.

Aproximadamente 37,5% dos respondentes utilizam ou já utilizaram um sistema para Gestão de Modelos. Desses, todos o fizeram com o objetivo de organizar melhor os modelos e facilitar a busca e recuperação dos modelos, enquanto que ao menos um terço o fizeram visando simplesmente armazenar os modelos ou aprender sobre eles<sup>4</sup>. Dos respondentes, cerca de 67% sentiu necessidade de registrar algum conhecimento na utilização do sistema, especialmente relativos a melhores práticas ou erros a serem evitados numa próxima utilização. A maioria registrou esse conhecimento em artigos científicos, enquanto que outros registraram em papel, em documentos semelhantes ao formato Microsoft Word ou em teses/dissertações. Um deles relatou que registrou num sistema de Gestão do Conhecimento.

Apenas 25% dos respondentes utilizam ou já utilizaram um sistema para execução de modelos (simulação). Dentre eles, os objetivos principais eram gerar dados para um experimento ou validar um modelo desenvolvido. A metade deles sentiu necessidade de registrar algum conhecimento na utilização do sistema, do tipo lições aprendidas, melhores práticas e erros a serem evitados. Um deles descreveu, na área de comentários livres, que sentiu a necessidade de registrar os dados e parâmetros utilizados. O conhecimento também foi registrado em papel, artigos científicos, em teses/dissertações e em documentos com formato similar ao Microsoft Word.

Nenhum respondente já utilizou algum sistema para Gestão do Conhecimento sobre Modelos. Cerca de 25% já utilizaram workflows para execução de modelos e aproximadamente 13% já desenvolveram workflows para execução de modelos.

Cerca de 87,5% estariam dispostos a utilizar um sistema para Gestão de Conhecimento sobre Modelos para apoiar o cotidiano do seu trabalho de pesquisa, com o objetivo principal de auxiliar na organização do trabalho. Os pesquisadores foram questionados também (com possibilidade de resposta livre) sobre que tipo de informações ou de conhecimento, sobre seu trabalho, eles achavam que um sistema de Gestão do Conhecimento sobre Modelos deveria possibilitar registrar. Segue a transcrição de algumas respostas:

---

<sup>4</sup> Esta pergunta permitia mais de uma resposta simultaneamente.

- “o algoritmo usado, o tamanho da base, as variáveis, o tempo de execução e as respostas”;
- “todos os parâmetros e dados utilizados, diretórios e arquivos gerados, observações sobre o resultado”;
- “o máximo possível de informações que fossem possíveis sofrer cruzamentos recíprocos... Exemplo: competências x pessoas; calendários x cronogramas de execução de tarefas, etc.”;
- “- Conteúdo do conhecimento que estou produzindo - Condução burocrática do meu trabalho - Disseminação dos conhecimentos tácitos e explícitos produzidos no meu trabalho”;
- “As atividades/tarefas, os metadados da tarefa, quem as executou, quando (data e hora), tempo gasto, resultados, observações e comentários.”

Todos os pesquisadores responderam que haveria um impacto positivo na utilização de um sistema de Gestão do Conhecimento sobre Modelos em seu trabalho de pesquisa. No espaço para comentários livres sobre esse impacto houveram alguns relatos, que seguem transcritos:

- “principalmente organizacional. Minha expectativa é que eu pudesse resgatar facilmente toda a informação sobre aquele modelo”;
- “facilitação no processo de comunicação de modelos mentais”;
- “Organização e uniformização das tarefas e atividades, bem como facilidade para mapeamento dos processos.”

Quando solicitados a deixar comentários sobre a Gestão do Conhecimento sobre Modelos, alguns o fizeram, com a transcrição abaixo:

- Acho uma ferramenta super útil tanto para a etapa de pré-modelagem (para registrar as decisões tomadas) como no pós-modelagem para avaliar e tomar uma decisão quanto a utilidade do modelo ou da necessidade de se repetir o experimento.”;
- “O sistema pode promover as pesquisas individuais, mas principalmente, auxiliar colaborativamente permitindo ganho de tempo na execução de experimentos e divulgação de seus resultados.”

#### **4.1.2 – Breve análise dos dados estatísticos**

Com relação ao tratamento estatístico das respostas, pode-se destacar o relativamente grande percentual de respondentes que declararam realizar atividades de Gestão do Conhecimento com certa frequência. É também relativamente grande o percentual de pesquisadores que declararam utilizar ou desenvolver modelos com certa frequência.

Pode-se destacar também o percentual relativamente baixo de respondentes que utilizam ou utilizaram um sistema de Gestão de Modelos, ao passo que a grande maioria dos que utilizam relatam sentir necessidade de registrar conhecimento. Chama a atenção ainda a pouca utilização de sistemas de Gestão de Conhecimento para tratar o conhecimento gerado.

Mas como destaque principal das respostas, não foi relatada a utilização de nenhum sistema para Gestão do Conhecimento sobre Modelos, em contraste com a intenção da grande maioria em utilizar um sistema como esse. Desse resultado pode-se perceber a grande lacuna que um sistema como esse poderia preencher no auxílio às atividades de modelagem e de utilização de modelos, nos trabalhos de pesquisa. Nas respostas livres é possível perceber alguns tipos de informação e conhecimento que os pesquisadores necessitam que um sistema para Gestão de Conhecimento e/ou Gestão de Modelos permitisse registrar. É possível ainda notar a percepção de que um sistema para Gestão de Conhecimento sobre Modelos auxiliaria no compartilhamento de informações e conhecimento e na organização e otimização do trabalho, reduzindo o tempo de algumas atividades. Como será visto nas próximas seções, o ambiente aqui proposto foi preparado para dar suporte às informações e conhecimentos mencionados.

### **4.2 – O Ambiente MODENA**

Nas subseções a seguir é descrito como o ambiente MODENA foi concebido, partindo dos requisitos elencados, passando pelo modelo conceitual de classes, onde grande parte da lógica do sistema foi mapeada e, por fim, a implementação de algumas funcionalidades do ambiente.

#### **4.2.1 – Requisitos**

A partir de reuniões com pesquisadores, retorno do público em palestras e apresentações sobre o ambiente MODENA em congressos e workshops, além de

discussões em reuniões dos projetos envolvidos, foram levantados alguns requisitos importantes ou desejáveis que o ambiente MODENA deveria atender. Entre eles, destaca-se:

- O ambiente deveria permitir ao pesquisador o cadastramento e gerenciamento de grande quantidade de informações referentes aos modelos, como dados, metadados, arquivos, referências, programas, entre outros;
- o cadastramento de um modelo deveria ser incremental, visando atender ao Ciclo de Vida da Modelagem, de forma que apenas com um pequeno conjunto de informações já fosse possível registrar um modelo, mesmo antes de ele ser desenvolvido. A partir do registro inicial, o cadastramento das informações do modelo deveria ser feito de forma incremental, à medida que o desenvolvimento do modelo evoluísse, até sua validação e liberação para uso em pesquisas;
- da mesma forma, deveria ser possível ao pesquisador registrar no ambiente o conhecimento adquirido no processo de modelagem, desde as discussões iniciais sobre a necessidade do modelo até sua validação e liberação para uso. Mesmo após o modelo pronto, deveria se possível também registrar o conhecimento adquirido na utilização do modelo, que poderia levar tanto à evolução do modelo quanto à facilitação do aprendizado sobre o modelo por outros pesquisadores;
- o ambiente também deveria permitir o cadastramento de classificações de modelos, visando dar liberdade às equipes de pesquisa para utilizar as classificações mais adequadas à sua área ou seu trabalho. Além disso, o ambiente deveria prever a reutilização de modelos, por exemplo em composições de modelos;
- sobre a parte de utilização de modelos, o ambiente deveria possibilitar a inclusão de algoritmos, programas, workflows e dados utilizados em execuções do modelos, bem como registrar os dados sobre essas execuções e seus resultados.

#### **4.2.2 – O Modelo Conceitual do Ambiente**

Depois de identificados os requisitos do ambiente MODENA, foi elaborado o modelo conceitual como base para a criação do banco de dados do ambiente. O modelo conceitual foi todo desenvolvido utilizando a abordagem orientada a objetos. Ele foi

dividido em vários diagramas de classes, agrupados por funcionalidade, a fim de torná-lo mais compreensível. A seguir são descritos os diagramas de classes construídos, juntamente com uma descrição das principais classes. Nos diagramas estão representadas as classes, seus atributos, com respectivos tipos de dados, e os relacionamentos com as demais classes.

A Figura 14 apresenta as classes mais diretamente ligadas a um modelo. A classe principal é, naturalmente, a classe 'Modelo'. Ela representa algumas informações como nome e descrição do modelo, seus objetivos, palavras-chave, o estado em que ele está no sistema (planejado, em criação, em teste, liberado, etc.), as datas de criação e de validade do modelo (uma vez que o mesmo pode tornar-se obsoleto), sua versão, além de informações de controle.

Além da classe principal, há a classe 'Regiao', representando as regiões geográficas às quais um modelo pode ser baseado, 'Conceito', para armazenar os conceitos relacionados ao modelo, e 'Produto', para referenciar os produtos gerados a partir do modelo (como artigos, teses, software, patentes, etc.)

Nesse diagrama é possível visualizar também o relacionamento da classe 'Modelo' com outras classes do sistema, como 'ReferenciaBibliografica', para as referências sobre o modelo e 'Conhecimento', a fim de registrar toda a parte do conhecimento sobre o modelo, explicitado a partir dos fluxogramas descritos no capítulo 3.

Pode-se observar ainda um auto-relacionamento na classe 'Modelo' ('eh composto de'), que representa a situação em que um modelo pode ser composto por vários outros, ao mesmo tempo em que pode fazer parte de várias composições. O outro relacionamento ('reutiliza'), indica os modelos que são reutilizados por outros modelos, ou seja, são a base sobre a qual outros um modelo pode ter sido criado.

A Figura 15 apresenta a parte do modelo conceitual do ambiente MODENA relativa à estrutura da organização, na qual um modelo está sendo desenvolvido ou utilizado. Há as classes 'Instituicao', 'GrupoPesquisa' e 'Projeto', onde o modelo foi desenvolvido. Há também a classe 'Pessoa', que pode representar o autor (autores) do modelo, bem como a pessoa de referência, no caso de modelos de domínio público, por exemplo, onde a pessoa é uma referência de conhecimento sobre o modelo.

br.ufrj.cos.modena.beans

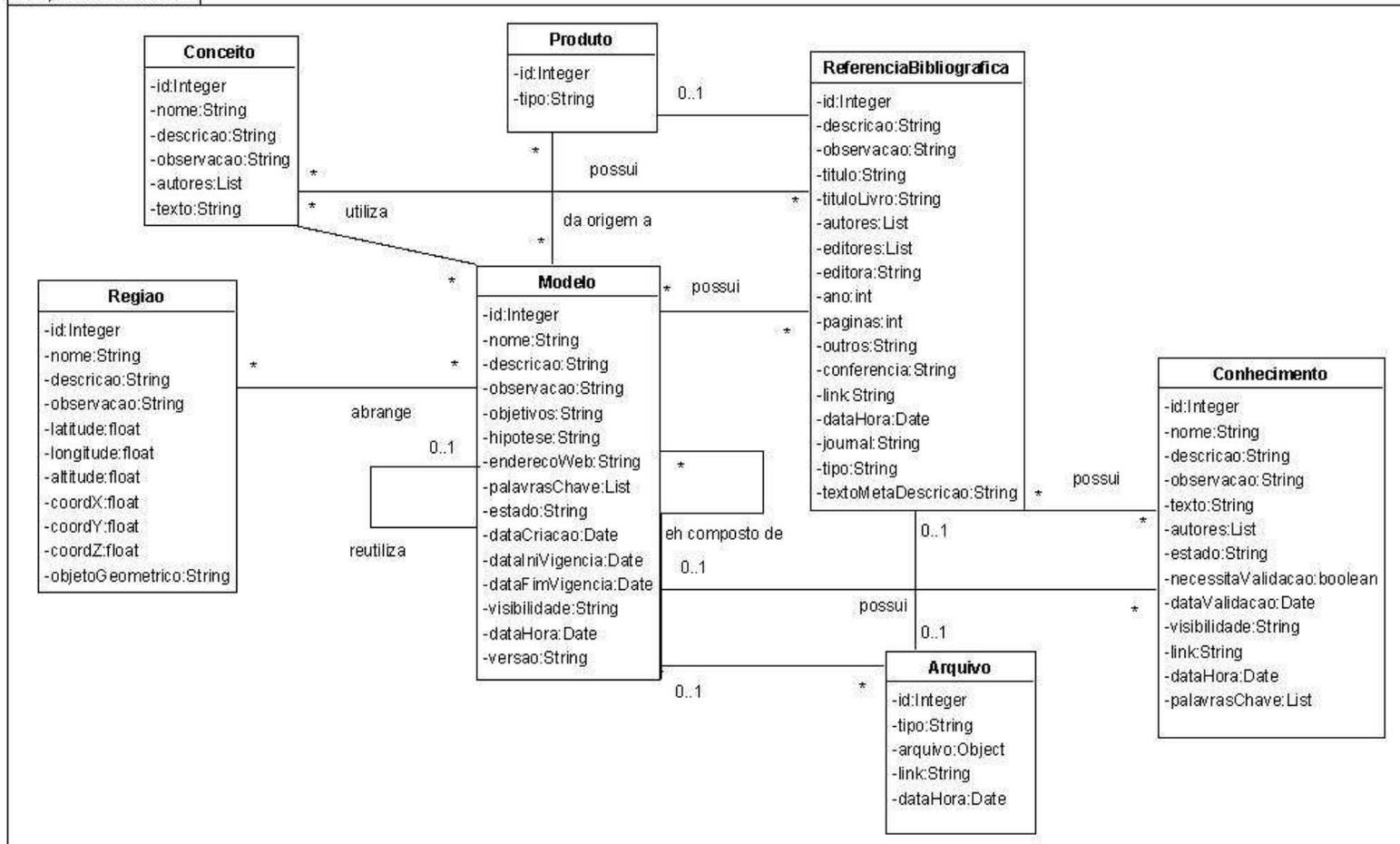


Figura 14 – Diagrama de Classes dos metadados de um modelo e classes relacionadas.

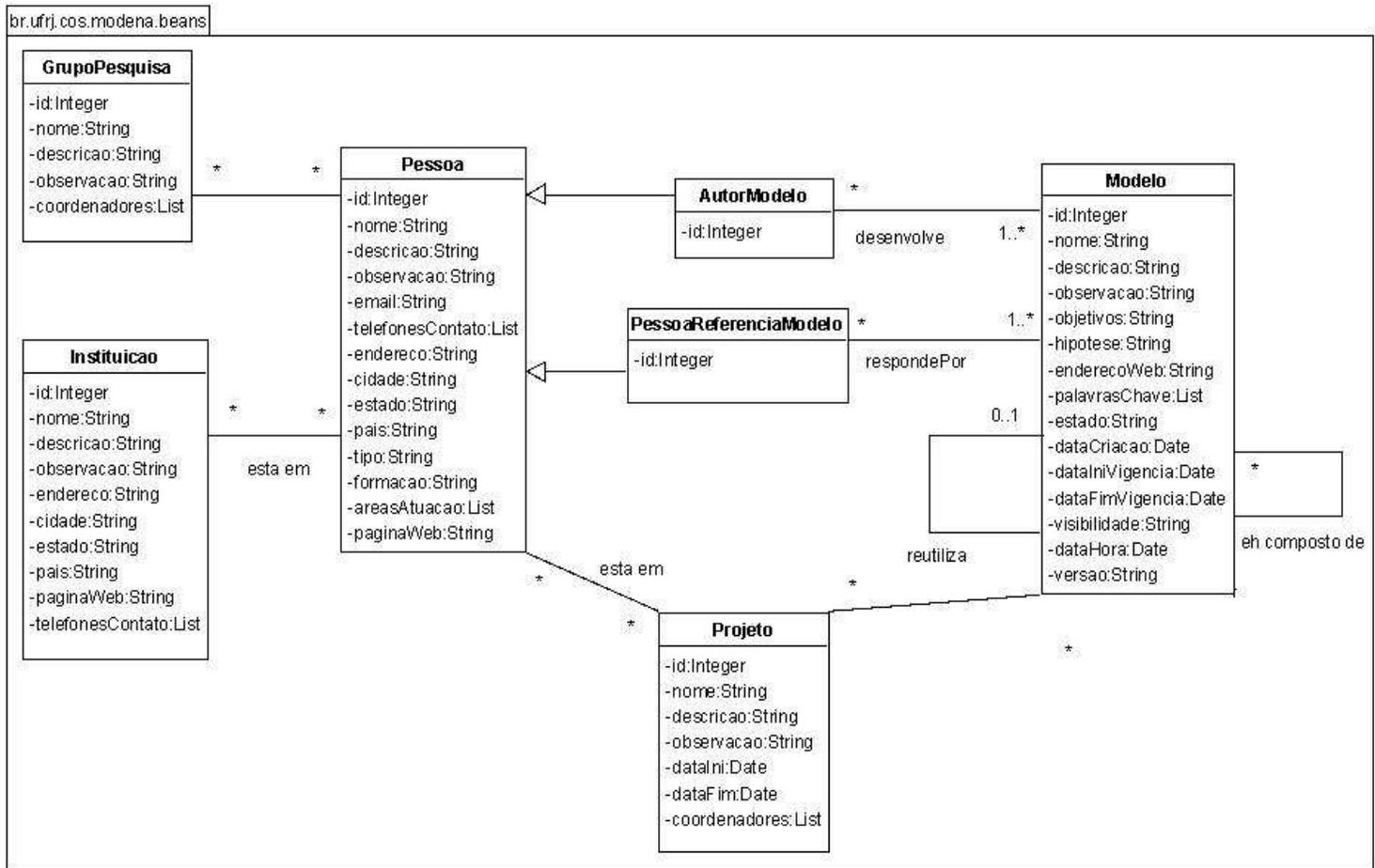


Figura 15 – Diagrama de Classes da parte organizacional ligada a um modelo.

A Figura 16 ilustra como foi modelada a parte do conhecimento, no ambiente MODENA. O conhecimento levantado durante a fase de desenvolvimento de um modelo, ou durante experiências na utilização de modelos já desenvolvidos, fica registrado na classe ‘Conhecimento’, que registra uma descrição textual da experiência, além de outras informações como data, autores e observações. Sobre o conhecimento, pode-se registrar também palavras-chave e observações, seus autores, o estado em que está (se em criação, validado, liberado para uso na organização, etc.), se ele necessita de validação e sua visibilidade (se ele é um conhecimento pessoal, do grupo de pesquisa ou de toda a instituição).

Como pode ser visto na Figura 16, optou-se por representar os diversos tipos de conhecimento como classes especializadas a partir da classe ‘Conhecimento’, como ‘LicaoAprendida’, ‘MelhorPratica’, ‘Entrevista’, ‘MapaMental’, etc., aproveitando essa característica da Orientação a Objetos para uma melhor representação conceitual, permitindo também uma utilização mais “pura” e otimizada do modelo Orientado a Objetos, na elaboração do código-fonte do sistema. Além disso, informações específicas de um determinado tipo de conhecimento ficam separadas dos outros tipos (como pode ser visto nas classes ‘Regra’, ‘Ontologia’, ‘Chat’ e ‘ForumDiscussao’), facilitando o armazenamento e a recuperação.

A Figura 17 mostra o relacionamento da classe ‘Arquivo’ com diversas classes do sistema, concentrando as informações dos arquivos numa única classe. Nessa classe podem ser armazenados qualquer tipo de arquivo, como textos, imagens, vídeos, códigos-fonte, arquivos de scripts, ou arquivos executáveis. Pode-se observar, em especial, os três tipos de relacionamento da classe ‘Arquivo’ com a classe ‘Programa’, indicando os tipos de arquivo que um programa pode possuir.

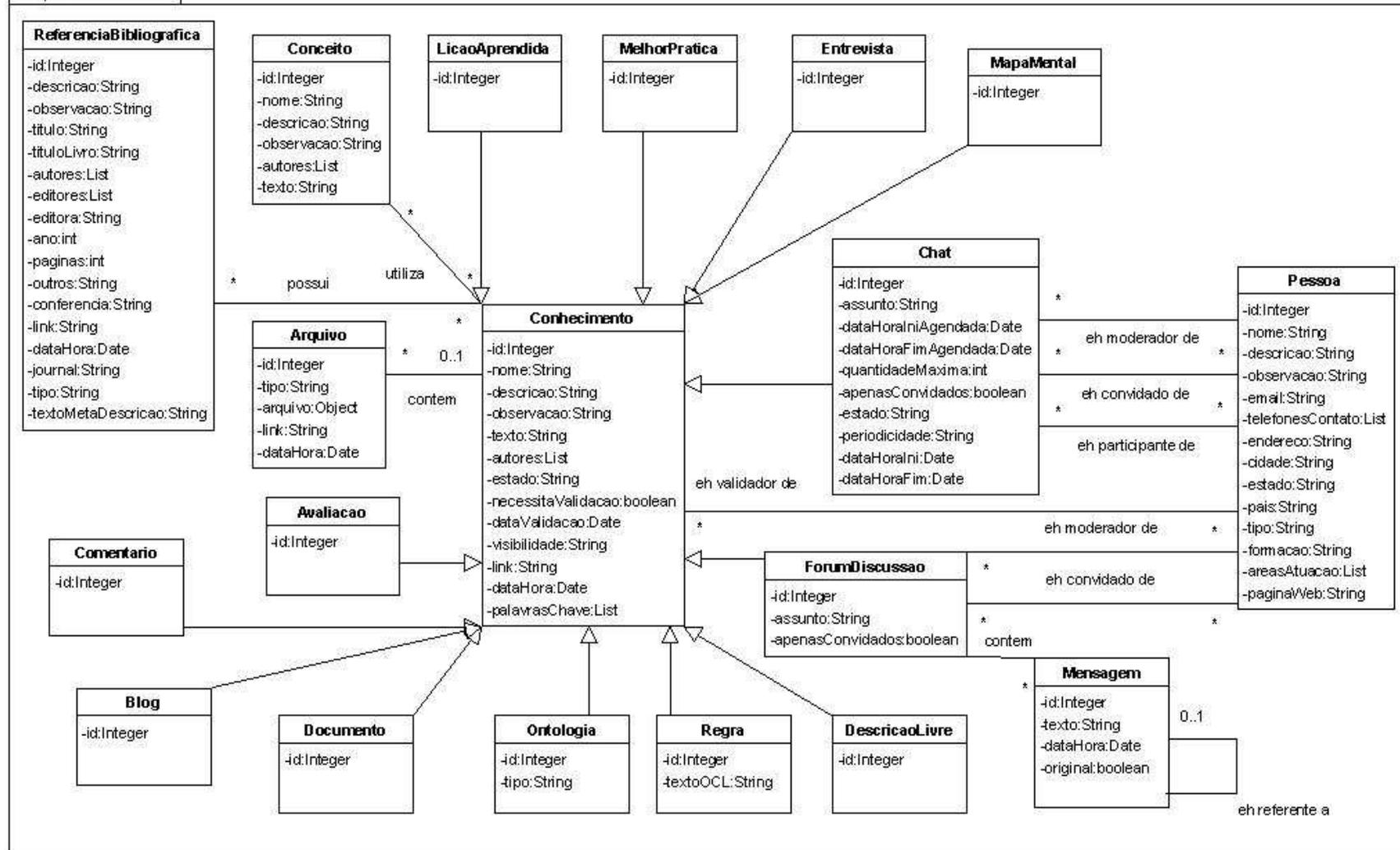


Figura 16 – Diagrama de Classes da parte de conhecimento, do ambiente MODENA.

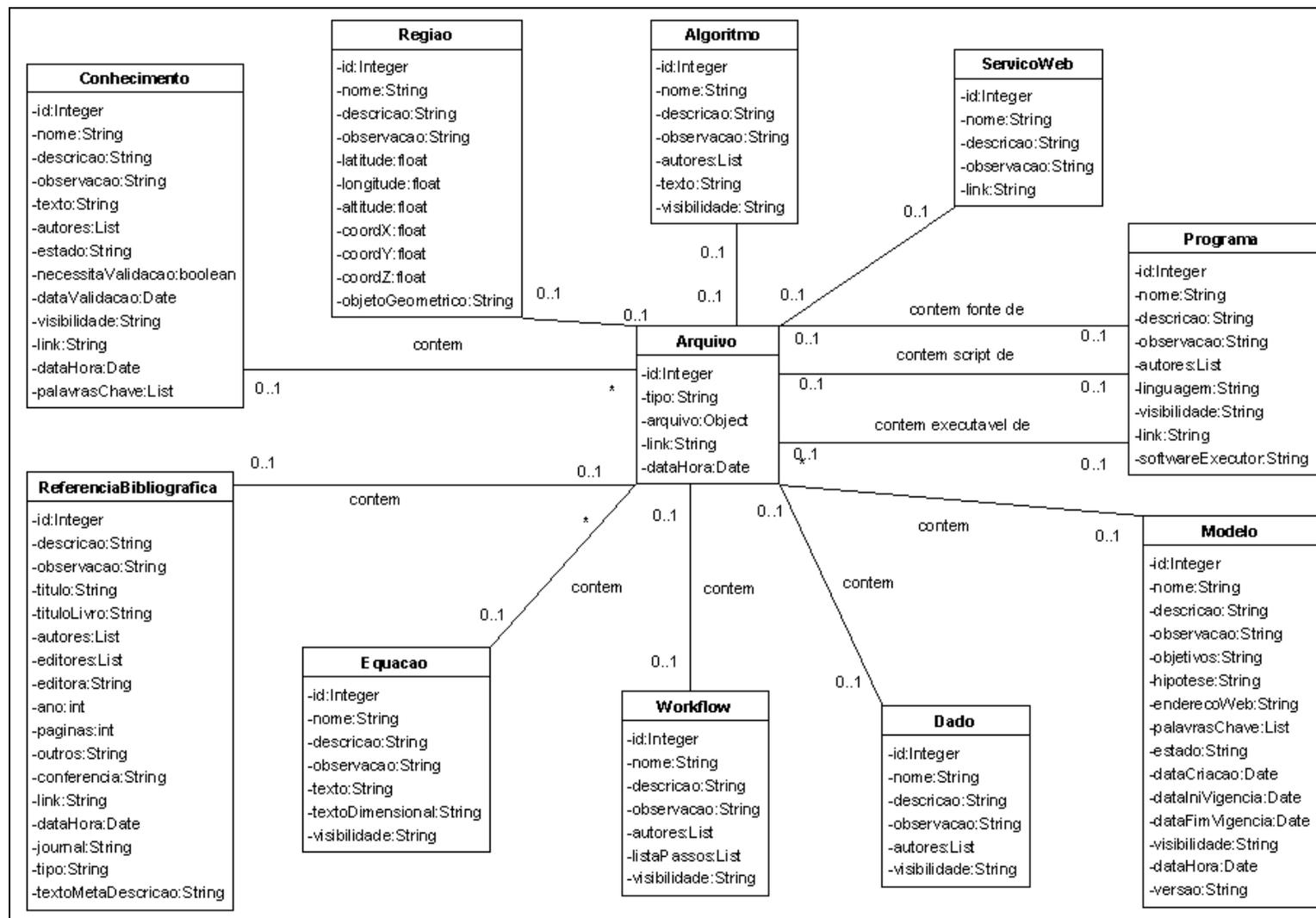


Figura 17 – Diagrama de Classes de arquivos utilizados por diversas classes do sistema.

### 4.2.3 – A Arquitetura Proposta

A implementação do ambiente foi dividida em dois sistemas (ou módulos), que contemplam os pontos da Gestão do Conhecimento sobre os modelos. Os sistemas são denominados de *ModManager*, responsável pela gestão dos modelos e do conhecimento sobre eles, e *ModRunner*, responsável pelo gerenciamento da execução dos modelos e do conhecimento gerado nessa execução (utilização do modelo).

A Figura 18 apresenta a arquitetura do ambiente. A interface *Web* permite acesso aos dois sistemas, que se encontram na segunda camada, sendo o *ModManager* à esquerda e o *ModRunner* à direita. Na terceira camada encontram-se os repositórios, que armazenam dados, metadados, ontologias, *workflows*, modelos e conhecimento. Na base da arquitetura estão as formas de execução dos modelos, de grades computacionais, para a submissão do modelo às grades as quais o pesquisador tem acesso ou execução local, na própria máquina do usuário.

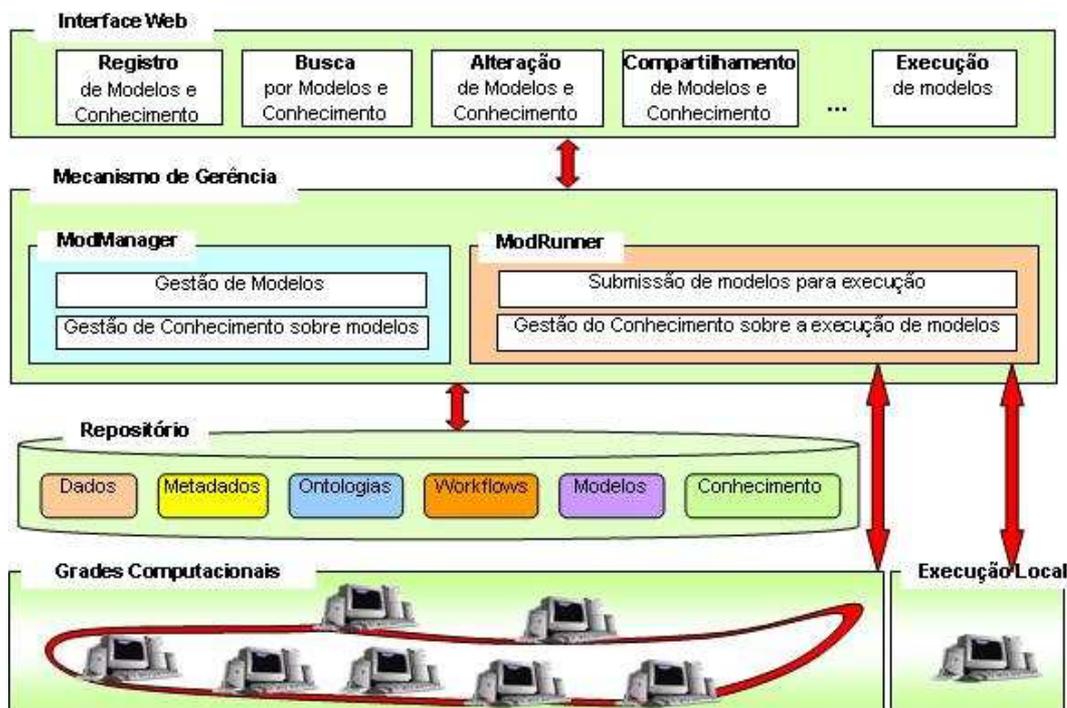


Figura 18 – Arquitetura do Ambiente MODENA.

A ideia de criar módulos integrados, porém isolados, foi devido a uma série de fatos, relatados a seguir.

Em princípio, o ambiente MODENA poder ser utilizado para gerenciar qualquer tipo de modelo (seja científico, estatístico, de engenharia, de arquitetura, de engenharia de software, etc.), com pouca ou nenhuma adaptação, devido principalmente à sua

funcionalidade de gestão de conhecimento sobre os modelos e de gestão de seus metadados. Em alguns desses casos não faz sentido um módulo de execução de modelos, uma vez que os mesmos não são passíveis de execução, entre eles os modelos de engenharia de software, em UML, que podem ser “executados” (ou seja, interpretados) por softwares construídos sob a arquitetura MDA (*Model Driven Architecture* – ou Arquitetura Orientada a Modelos), como o AndroMDA (ANDROMDA, 2006).

Mesmo utilizando-se o ambiente para gerenciar modelos científicos, o pesquisador pode optar por utilizar apenas o módulo de gestão de modelos e de conhecimento. Por outro lado, um pesquisador pode desejar utilizar apenas o módulo de execução, onde para isso ele deve obter uma base de modelos já elaborada, por meio, por exemplo, de importação da base de outra instância do ambiente MODENA.

O objetivo principal do ModManager é o de servir como ferramenta de gerenciamento do conhecimento sobre os modelos, servindo de suporte para as atividades de grupos de pesquisa. Entre as questões de gerenciamento tratadas neste sistema, estão a gestão dos modelos e seus metadados, a gestão do conhecimento envolvido no desenvolvimento e utilização dos modelos, o intercâmbio de modelos entre equipes de pesquisa e a geração de novos modelos.

#### **4.2.4 – Ferramentas Utilizadas**

Para a realização dessas atividades são utilizadas técnicas de Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados para o gerenciamento dos modelos, seus metadados e do conhecimento obtido sobre eles. O sistema funciona na Web e pode ser acessado a partir de um *browser* Web comum, requerendo autenticação do usuário por meio de *login* e senha, possibilitando níveis de acesso diferenciados a grupos de usuários.

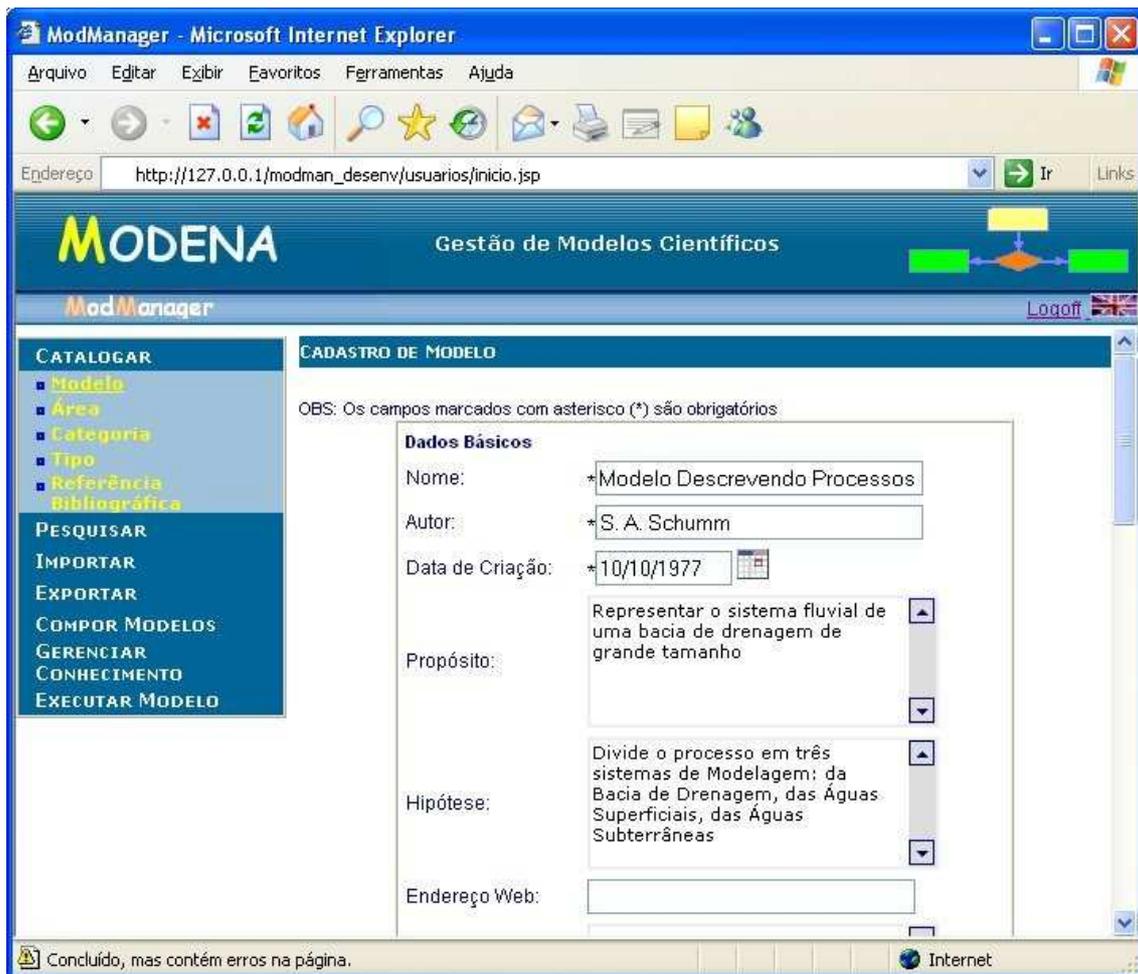
Para o desenvolvimento do sistema houve a preocupação de se utilizar software livre, para facilitar seu uso por grupos de pesquisa. Foi utilizado como Banco de Dados o PostGres (POSTGRES, 2006) e como *container web* o Tomcat (APACHE, 2006). Como plataforma de desenvolvimento está se utilizando tecnologia Java, da Sun (Sun, 2006), com a interface com o usuário utilizando-se as linguagens JSP (*Java Server Pages*) e JavaScript (para validação das informações no *browser*), as regras de negócio e acesso à base de dados por meio de classes Java, e o controle, ou seja, a mediação entre as classes de interface e negócio, por meio de *Servlets*.

A seguir são descritas as funcionalidades do sistema em maiores detalhes.

#### **4.2.5 – Exemplos de Funcionalidades do MODENA**

O sistema possui opções de catalogação que registram os modelos e suas referências bibliográficas, além das taxonomias utilizadas (por meio do registro das áreas, categorias/subcategorias e tipos de modelos).

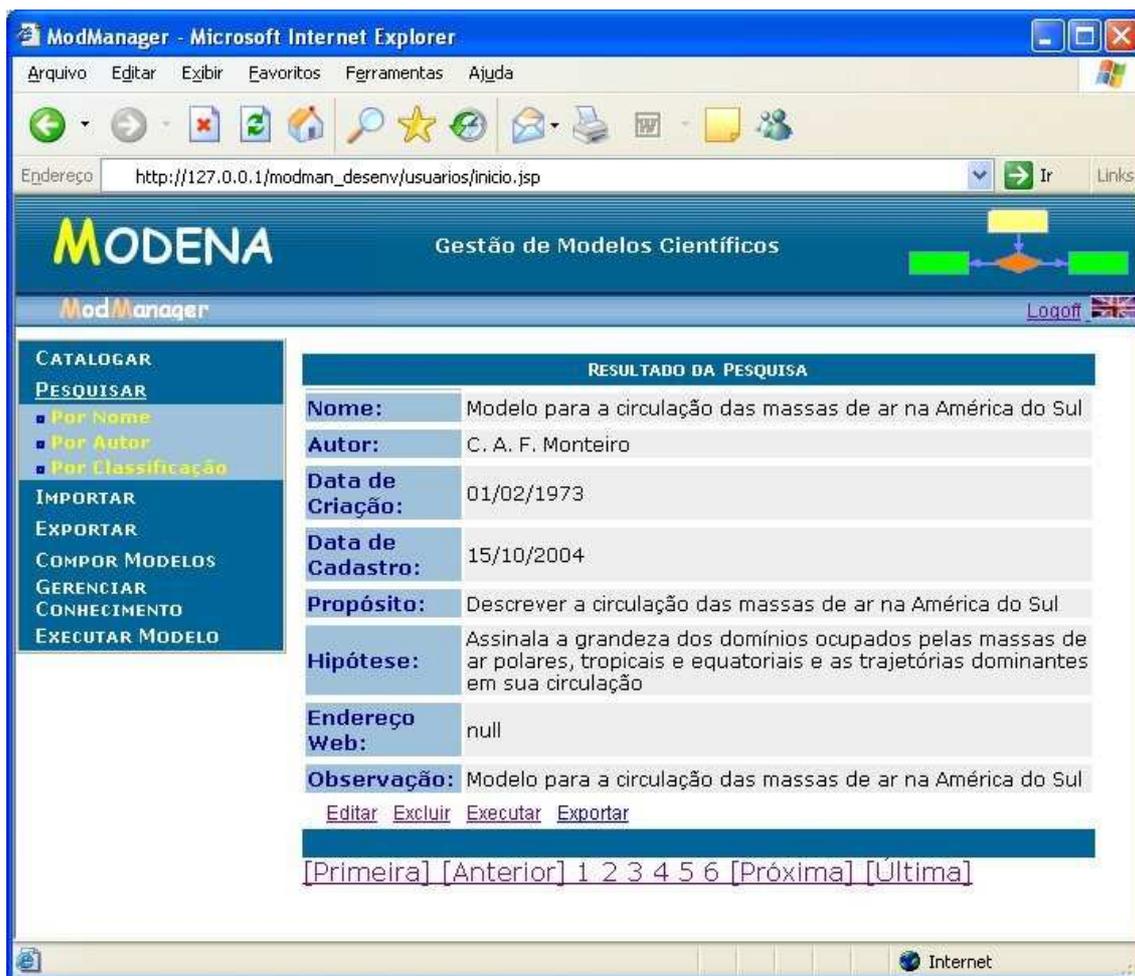
Seguindo a metodologia descrita na seção 3.3.2, o registro do modelo pode ser feito de forma incremental. A Figura 19 apresenta a tela de catalogação de modelos, onde o usuário informa os metadados inicialmente levantados, como nome, autor, data de criação, propósito, hipótese que se tenta provar com ele, além de um endereço *Web* com mais informações sobre o modelo, caso exista. Além disso, são registrados sua classificação segundo uma determinada taxonomia, metadados de variáveis e constantes que o modelo por ventura possua, as referências bibliográficas utilizadas em seu desenvolvimento ou relacionadas a ele, além de quaisquer arquivos necessários para compreensão ou funcionamento do mesmo, tais como mapas, gráficos, figuras e arquivos de teste padrão. Na parte esquerda da figura pode-se observar outras opções disponíveis no sistema.



**Figura 19** – Tela para catalogação de modelos.

Já a opção de pesquisa de modelos permite recuperar qualquer modelo cadastrado na base de dados a partir de parâmetros como nome, autor e classificação.

A Figura 20 apresenta uma tela com o resultado de uma pesquisa por modelos. A pesquisa por nome e autor pode ser feita fornecendo-se uma "substring". O resultado da pesquisa são os modelos que se enquadram nos parâmetros fornecidos, onde o usuário pode navegar entre eles até encontrar o desejado. Após selecionado o modelo, o usuário pode optar por alterar seus dados ou excluí-lo – caso possua permissão para isso –, exportá-lo ou submetê-lo à execução.



**Figura 20** – Resultado de uma pesquisa por modelos.

A implementação do intercâmbio de modelos foi feita por meio de opções de importação e exportação, em formatos como CSV (valores separados por vírgula), XML e Objetos de Conhecimento, este último visando a utilização de uma forma mais padronizada de intercâmbio também do conhecimento sobre os modelos.

A ideia no desenvolvimento do ModManager é que ele permita a catalogação de modelos com “granularidade baixa”, formando “componentes” a fim de melhor descrevê-lo e permitir a geração de novos modelos a partir da composição entre esses componentes.

A Figura 21 ilustra a tela de composição de modelos. Como descrito em KRISHNAN E CHARI (2000), a composição permite a geração de um novo modelo sem a alteração dos originais. Na parte superior é promovida a seleção dos modelos que farão parte da composição e na inferior a descrição de alguns metadados no novo modelo.

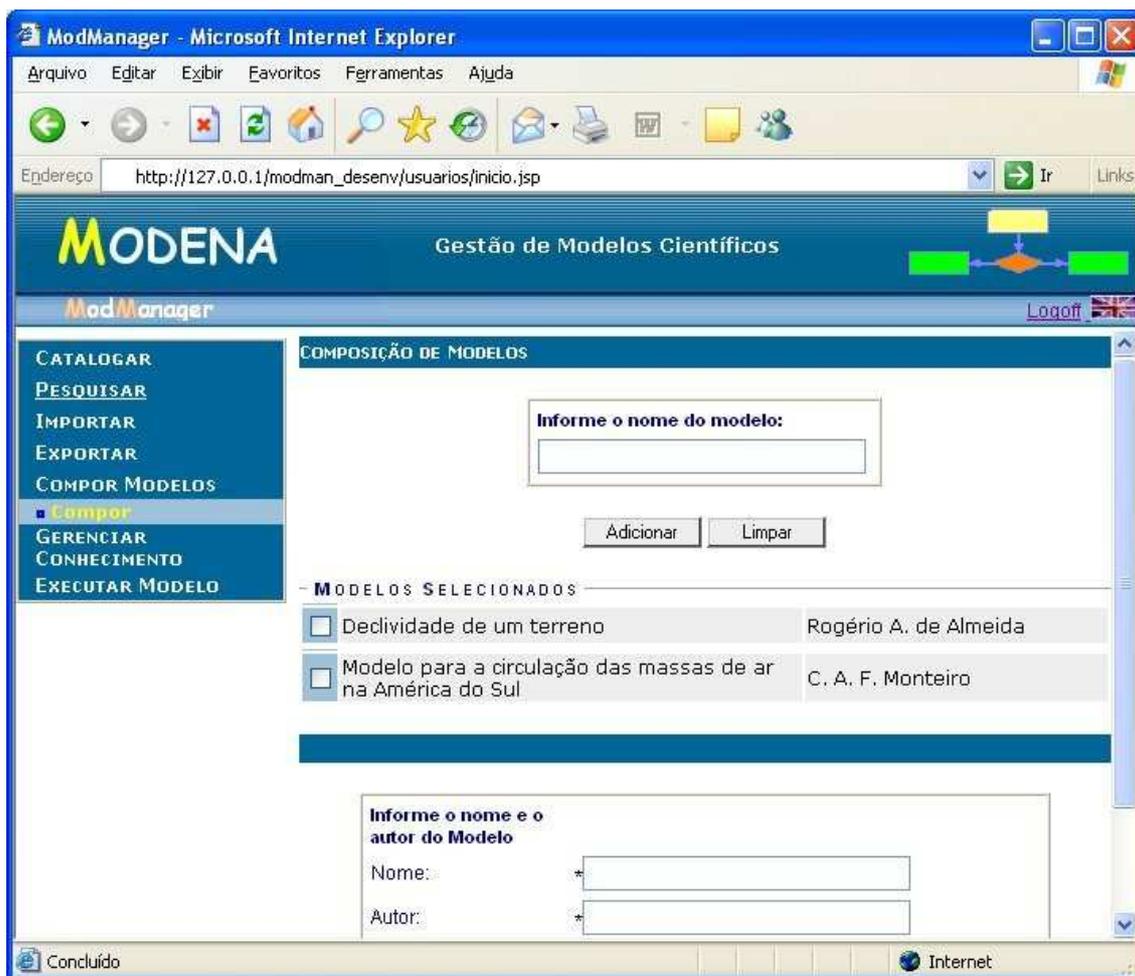


Figura 21 – Exemplo de composição de modelos.

### 4.3 – Exemplo de aplicação do ambiente MODENA

Como exemplo de aplicação, visando demonstrar a viabilidade do modelo conceitual do ambiente MODENA, utilizamos o trabalho de SILVA (2006) como referência. Esse trabalho realiza a comparação de dois modelos conhecidos na área de Geoprocessamento, à dinâmica de solos, visando prever possíveis pontos de deslizamentos de encostas. Essa aplicação é interessante, pois permite avaliar diversas possibilidades do modelo conceitual do ambiente MODENA.

Os modelos utilizados por SILVA (2006) são o SINMAP (PACK *et al.*, 1998) e o SHALSTAB (DIETRICH *et al.*, 1993). O SHALSTAB é um modelo matemático determinístico construído para a previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos rasos. Combina um modelo hidrológico com um modelo de estabilidade de encosta, dentro de um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Segundo SILVA (2006), esse modelo baseia-se na premissa de que os solos, na presença de água, possuem uma

baixíssima coesão e ângulo de atrito. Associando-se essa premissa às características topográficas da área, o modelo calcula o equilíbrio de forças do sistema. O SINMAP é um modelo matemático determinístico voltado para a previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos rasos, que também associa um modelo hidrológico a um modelo de estabilidade de encosta.

Analisando-se o trabalho de SILVA (2006) verifica-se que é possível utilizar os diversos fluxogramas propostos, a fim de se mapear os modelos, dados e conhecimentos utilizados e gerados. A partir do fluxograma da Figura 8, identificando-se o problema (escorregamento de solo em encostas), chegou-se a dois modelos existentes para a solução do problema, mas não catalogados no ambiente MODENA. Utilizou-se então o fluxograma das Figuras 9 e 10, apresentadas na seção 3.3, para registrar os modelos no ambiente. Como o modelo SHALSTAB é formado por dois outros modelos (estabilidade e hidrológico), o fluxograma foi utilizado para registrar primeiramente o de estabilidade e em seguida o hidrológico. Em seguida, foi utilizado o fluxograma da Figura 13, também apresentada na seção 3.3, para realizar a composição desses dois modelos e formar o SHALSTAB. Com os três modelos catalogados, pode-se utilizar também o fluxograma de registro de modelos para cadastrar outros componentes dos modelos, como arquivos, dados (entre eles, arquivos de imagens).

Da mesma forma, o modelo SINMAP é composto também pelos modelos de estabilidade e hidrológico. O modelo hidrológico é o mesmo utilizado pelo SHALSTAB. No entanto, o modelo de estabilidade é diferente. Novamente pode-se utilizar o fluxograma de registro de modelos para catalogar esse modelo de estabilidade e utilizar o fluxograma de composição, para formar o SINMAP a partir dele e do modelo hidrológico já catalogado.

Para a aplicação do modelo, pode ser utilizado o fluxograma da Figura 11, em conjunto com o fluxograma da Figura 12, ilustrados na seção 3.3, para registrar o conhecimento gerado na utilização dos modelos. Por exemplo, podem ser registradas as impressões na execução dos dois modelos (facilidade de uso, eficácia, etc.). Além disso, os diversos resultados alcançados, bem como a comparação, podem ser registrados como conhecimento para que outros pesquisadores possam ter facilidade de identificar qual o melhor modelo a ser utilizado, na solução de outros problemas.

O modelo conceitual, por meio dos diagramas de classe, foi capaz de mapear todas as informações, componentes e conhecimento citados. Por exemplo, todos os

modelos foram registrados na classe 'Modelo', sendo que o SHALSTAB e o SINMAP foram ligados aos outros pelo auto-relacionamento dessa classe. A região do estudo foi registrada na classe 'Regiao', com as figuras e mapas registrados na classe 'Arquivo'. O banco de dados geográfico representado na classe 'BancoDados' e as referências dos modelos na classe 'ReferenciaBibliografica'. As impressões sobre resultados foram registradas na classe 'Conhecimento', por meio das especializações 'Avaliacao', 'Comentario', 'LicaoAprendida' e 'DescricaoLivre'.

Esse exemplo mostra a aplicabilidade dos fluxos projetados, bem como do modelo de classes elaborado.

## Capítulo 5 – Considerações Finais

O desenvolvimento e a utilização de modelos são atividades que possuem algum suporte de ferramentas computacionais, especialmente na parte de criação e na de execução de modelos. No entanto, há uma carência no suporte às atividades de Gestão do Conhecimento que poderiam auxiliar os cientistas em todas as fases do Ciclo de Vida da Modelagem. Em geral, o conhecimento obtido pelos cientistas no desenvolvimento/utilização de modelos fica registrado em alguns meios, como a própria mente do pesquisador, em anotações informais em papel e em arquivos eletrônicos guardados no sistema de arquivos do computador e, mais formalmente, em artigos científicos, teses e dissertações. Nesses três últimos, em geral fica descrito o resultado final do processo de modelagem, mas grande parte do conhecimento gerado durante todo o processo, que poderia ser útil para o desenvolvimento/utilização de novos modelos, não fica explicitado em nenhum lugar.

Com o objetivo de auxiliar o pesquisador nas atividades de desenvolvimento e utilização de modelos, este trabalho propõe a utilização do Ciclo de Gestão do Conhecimento no suporte ao Ciclo de Vida da Modelagem. Essa abordagem traz vantagens ao trabalho do pesquisador, devido principalmente:

- ao aproveitamento do conhecimento acumulado em atividades de modelagem anteriores, no desenvolvimento de novos modelos;
- ao aproveitamento do conhecimento acumulado na utilização de modelos, na utilização de novos modelos, seja por experiência com ferramentas de execução, seja por melhores práticas ou por erros a serem evitados, direcionando o uso do modelo ao objetivo do pesquisador;
- à redução da curva de aprendizagem na utilização de um determinado modelo, pela experiência prévia de outros pesquisadores;
- à redução da curva de aprendizagem no desenvolvimento de novos modelos, pela experiência prévia de outros pesquisadores em ferramentas e técnicas de modelagem.

Numa pesquisa visando identificar a utilização de sistemas de Gestão do Conhecimento e de Gestão de Modelos por pesquisadores, pudemos observar o percentual relativamente baixo de respondentes que utilizam ou utilizaram um sistema

de Gestão de Modelos, ao passo que a grande maioria dos que utilizam relataram sentir necessidade de registrar conhecimento. Pudemos verificar também a pouca utilização de sistemas de Gestão de Conhecimento para tratar o conhecimento gerado. Nas respostas, não foi relatada a utilização de nenhum sistema para Gestão do Conhecimento sobre Modelos, mas foi declarada a intenção da grande maioria em utilizar um sistema como esse. Desse resultado pode-se perceber a grande lacuna que um ambiente como o aqui proposto pode preencher no auxílio às atividades de desenvolvimento e de utilização de modelos.

## 5.1 – Contribuições deste Trabalho

Entre as contribuições deste trabalho, pode-se destacar:

- a metodologia para classificação de modelos, que permite ao pesquisador utilizar as taxonomias de modelos que melhor se adequem ao seu trabalho. Como existem diversas taxonomias de modelos propostas na literatura, um grupo de pesquisa ou diversos grupos podem chegar num consenso sobre quais utilizar. A partir daí, registra-se a(s) taxonomia(s) no MODENA e passa-se a classificar os modelos de acordo com ela(s). As vantagens de se classificar modelos é que torna-se mais fácil a busca, intercâmbio e reutilização de modelos. Caso optássemos por escolher uma única taxonomia, um subconjunto das existentes, ou ainda definir uma nova taxonomia, por mais genéricas que fossem, acabaríamos restringindo o trabalho do pesquisador;
- a proposta de utilização do Ciclo da Gestão do Conhecimento no apoio ao Ciclo de Vida da Modelagem, que consiste no uso de técnicas de Gestão do Conhecimento, a fim de identificar, formalizar e disponibilizar o conhecimento obtido pelo pesquisador em cada etapa da modelagem. Esse procedimento funciona como um guia, sistematizando a explicitação, o registro e a disseminação do conhecimento adquirido no desenvolvimento e na utilização de modelos por um grupo de pesquisa, permitindo, por exemplo, que o conhecimento dominado por seus membros não se perca nem seja de difícil recuperação, caso venham a sair do grupo;
- a metodologia de auxílio ao usuário nas diversas etapas da modelagem, onde foram projetados guias (*wizards*), do ambiente para auxiliar o pesquisador no

levantamento das informações e do conhecimento de cada etapa. Por meio de perguntas que instigam o pesquisador a pensar nas tarefas da modelagem, esses guias possibilitam um maior levantamento das informações e conhecimentos envolvidos no processo de desenvolvimento/utilização de modelos, do que simples telas de cadastro;

- o ambiente para Gestão de Modelos Científicos e Conhecimento, via Web, auxiliando instituições de pesquisa geograficamente distribuídas a interagirem, compartilharem e reutilizarem modelos científicos e conhecimento, encorajando o trabalho colaborativo.

De modo geral, pode-se dizer que a grande contribuição é a utilização da Gestão do Conhecimento como suporte à atividade de desenvolvimento de modelos científicos, em instituições de pesquisa.

## **5.2 – Trabalhos Futuros**

Como continuidade ao trabalho desenvolvido, vislumbram-se algumas possibilidades nas áreas de Ontologias e Grades Computacionais. Como exemplo, podemos citar:

- uso de ontologias para mapeamento entre taxonomias, visando à reutilização de modelos entre áreas diferentes. Com o mapeamento semântico de taxonomias, seria possível ao pesquisador de uma área descobrir modelos, ou partes de modelos, de outras áreas de pesquisa que pudessem ser úteis à sua pesquisa. Tomando como exemplo a Figura 6, um modelo classificado como da área de Meio Ambiente poderia ser utilizado por um pesquisador da área de Hidrologia, ou mesmo Geomorfologia, ampliando a possibilidade de reutilização de modelos, possibilitando assim economia de tempo no desenvolvimento de novos modelos. Para facilitar esse mapeamento, uma ferramenta como a descrita em (SOUZA, 2006) seria de grande utilidade para chegar a um consenso sobre as diferenças de significado entre os termos de diferentes taxonomias.
- uso de ontologias para busca semântica por modelos, onde ontologias dos próprios modelos poderiam ser utilizadas para ampliar a busca por modelos além da simples busca textual, possibilitando também maior reutilização de modelos;

- integração do ambiente MODENA com ferramentas de grades computacionais, onde o próprio ambiente ficaria responsável por definir qual a melhor opção dentre as grades disponíveis, para o usuário executar seus modelos e armazenar automaticamente o resultado das execuções. A seção 5.2.1.2 descreve como poderia ser a interação entre o ambiente MODENA e ambientes de grades computacionais;
- integração do ambiente MODENA com o GCC (OLIVEIRA, 2007), possibilitando ao usuário a Gestão do Conhecimento da organização científica como um todo, como um complemento à Gestão do Conhecimento sobre modelos, mais voltado ao trabalho “operacional” do pesquisador, ou seja, sobre seus experimentos científicos;
- integração do ambiente MODENA com ferramentas de CBR (*Case Based Reasoning* – Raciocínio Baseado em Casos) para analisar o histórico de utilização dos modelos, bem como o histórico de alterações que eles sofreram, a fim de ampliar a base de conhecimento sobre os modelos e o auxílio aos pesquisadores na tomada de decisão sobre experimentos científicos.

Além dessas possibilidades, elencamos como trabalhos futuros a continuidade da implementação do ambiente MODENA para suportar a execução de modelos. Apesar de a base de dados do ambiente estar em grande parte preparada para armazenar as informações e dados pré e pós execução do modelo, essa funcionalidade precisa ainda ser desenvolvida. Na seção a seguir é descrito o modelo da base de dados e um fluxograma com ações para a submissão de um modelo para execução, pensados para a evolução do ambiente MODENA nesse sentido.

### **5.2.1 – Execução de Modelos**

De acordo com KRISHNAN E CHARI (2000), modelos podem ser preparados para execução, em conjunto com dados, para criar instâncias de modelos que representam situações específicas do problema. As instâncias do modelo são resolvidas por programas computacionais executáveis, denominados, segundo eles, de solucionadores (*solvers*), a fim de obter as soluções do modelo.

Uma das propostas de evolução do ambiente MODENA é ser uma plataforma de grande usabilidade para submissão de modelos a execução. Nesse sentido, a base de dados do ambiente foi preparada para dar suporte à realização de tarefas como:

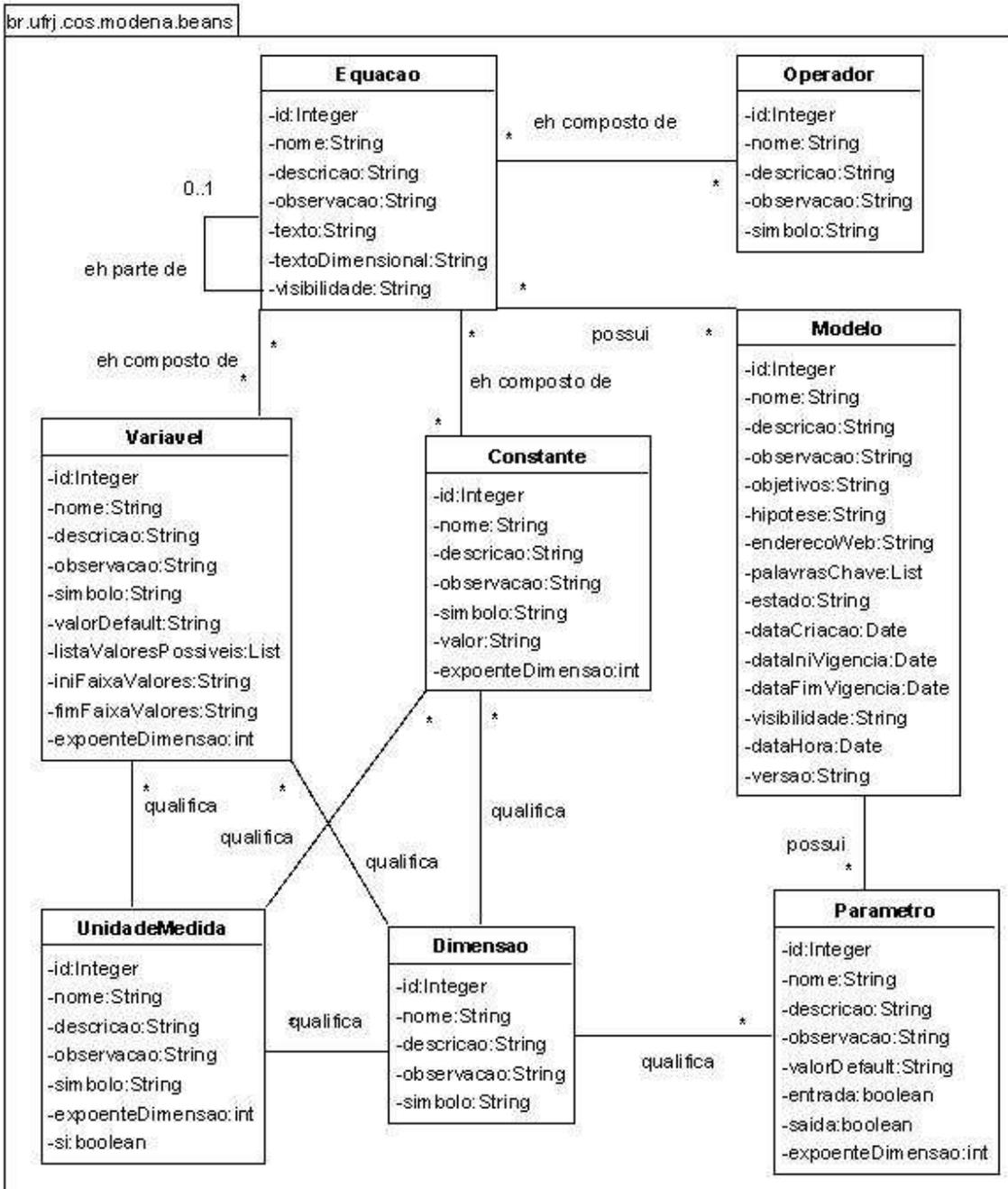
- capturar os parâmetros do modelo;
- obter dados de entrada do modelo, seja localmente ou remotamente;
- submeter um modelo a execução;
- manter um histórico de cada instância de execução do modelo;
- armazenar os dados resultantes da execução.

A execução pode ser realizada pelo pesquisador com os seguintes objetivos:

- realizar um experimento *in-silico*, ou seja, um experimento científico simulado por computador;
- efetuar simulações para avaliação de cenários, por meio da realização de várias execuções de um modelo e comparação entre os resultados;
- testar a validade de um modelo em desenvolvimento (em termos de corretude, eficácia, desempenho, etc.);
- testar composições de modelos, a fim de determinar a melhor combinação para a geração de um novo modelo.

A Figura 22 mostra o diagrama de classes da parte do registro de equações de modelos, do ambiente MODENA. Por meio dessas classes é possível detalhar no sistema os modelos matemáticos. Na classe ‘Equacao’ é possível registrar os metadados da equação. Associadas a elas estão as classes ‘Operador’, ‘Variavel’ e ‘Constante’, onde é possível registrar os componentes da equação. Associadas a essas duas últimas classes, estão as classes ‘UnidadeMedida’ e ‘Dimensao’. Há ainda a classe ‘Parametro’, a fim de registrar a definição dos parâmetros do modelo. No diagrama pode ser observado ainda o auto-relacionamento na classe ‘Equacao’, significando que equações podem ser compostas por outras equações.

Uma das grandes vantagens dessa abordagem é permitir a reutilização de partes de modelos matemáticos e ainda facilitar a geração automática de implementações do modelo por meio de linguagens como a MathML (W3C, 2003).



**Figura 22** – Diagrama de Classes de registro de equações.

A Figura 23 apresenta o diagrama de classes que suporta a execução de modelos. Nela é possível armazenar as implementações computacionais dos modelos por meio das classes ‘Algoritmo’, ‘Programa’, ‘Workflow’ e ‘ServicoWeb’. A classe ‘Programa’ pode representar tanto programas executáveis quanto implementações na forma de *scripts*. Tem-se ainda as classes ‘Dado’ e ‘TipoDado’, para representar a descrição dos dados, e as classes ‘ValorDado’ e ‘BancoDados’, para armazenar os dados propriamente ditos. Os dados podem ser tanto de insumo quanto de resultado das execuções dos modelos.

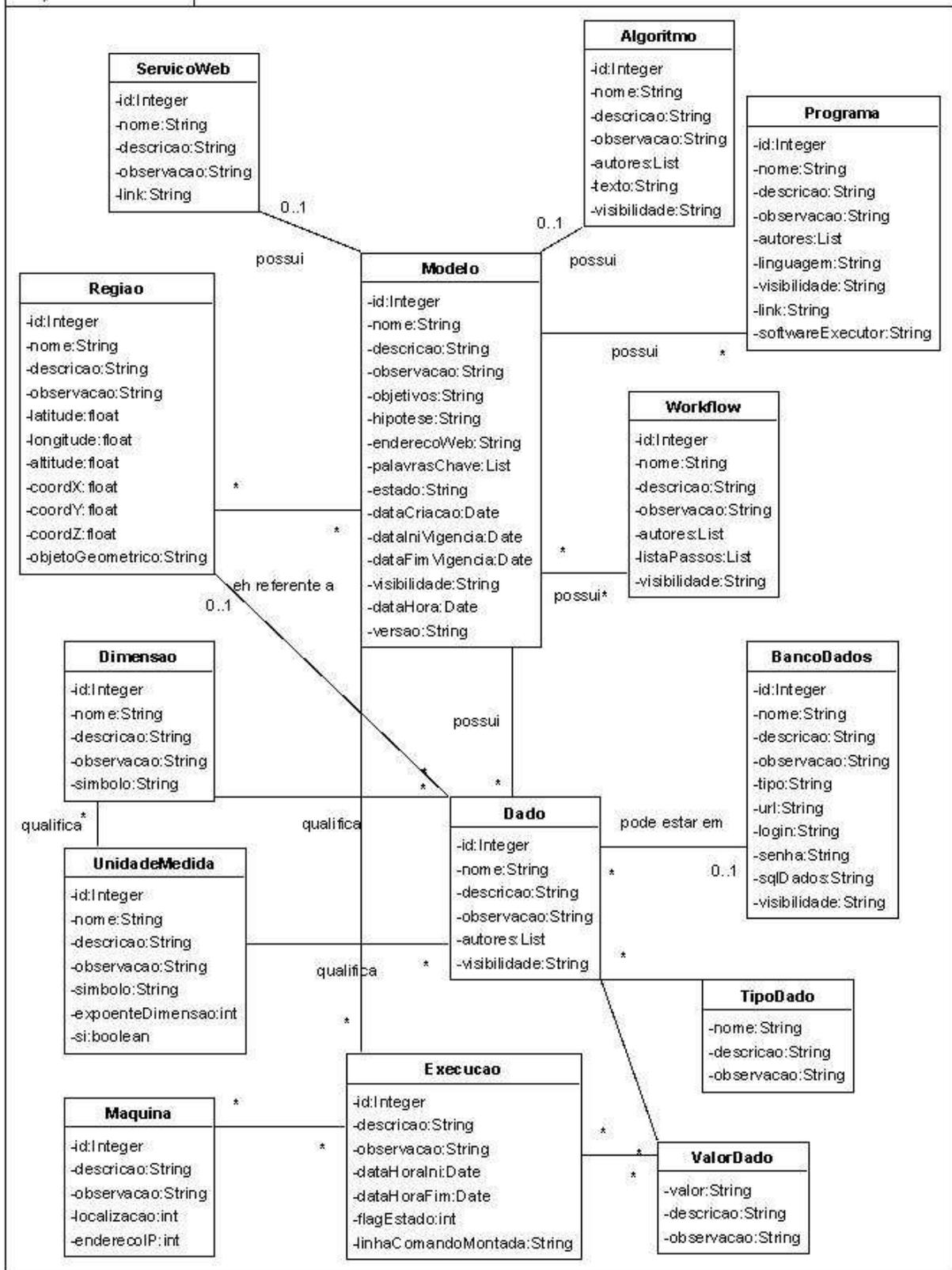


Figura 23 – Diagrama de Classes de execução de modelos.

A seguir descreve-se como as informações devem ser registradas nas classes das Figuras 22 e 23, a fim de que o modelo possa ser executado.

Caso o modelo possua um arquivo executável, ele deve ser cadastrado na classe 'Programa', onde é possível colocar também, outras informações sobre o programa. A linha de comando para executar o modelo, o nome do arquivo de entrada e o nome do arquivo de saída deverão ser cadastrados na classe 'Parametro'. Assim, para executar um modelo desse tipo basta fazer uma montagem, pegando o executável da classe 'Programa' e os parâmetros de execução da classe 'Parametro'.

Caso o modelo não possua um arquivo executável, e seja executado por outros programas (como o Maple, Matlab, Excel, ArcGIS, etc.), basta registrar a linha de comando para submissão também na classe 'Parametro', como um parâmetro de execução. Assim, para executar um modelo desses, basta obter esse parâmetro com a linha de comando e submeter para a execução.

Os arquivos de dados, tanto da opção com executável, quanto da opção com script, devem ser cadastrados na classe 'Dado', onde ficam armazenados os dados para execução (dados de entrada), ou os dados que são o resultado de uma execução (dados de saída).

Existe um relacionamento entre as classes 'Parametro' e 'Execucao' que, para um mesmo modelo, podem ser feitas várias execuções, por exemplo, vários testes com parâmetros diferentes. Assim, o parâmetro de cada execução é armazenado no relacionamento entre essas classes. Ou seja, os parâmetros *default* estão na classe 'Parametro', mas o usuário pode alterá-los a cada execução, onde eles são então armazenados no relacionamento.

De modo geral, a tarefa de execução de modelos é ilustrada pelo diagrama da Figura 24. Pela figura pode-se observar a interação entre o usuário e o sistema a fim de executar um modelo.



Figura 24 – Fluxograma para execução de modelos.

Como pode ser observado na figura, cada instância de execução é armazenada na base de dados, a fim de manter um histórico de cada execução. Além disso, o usuário pode registrar o conhecimento obtido na execução, visando ampliar a base de conhecimento sobre o modelo ou mesmo auxiliar outros usuários na utilização do modelo.

Poderá haver a possibilidade de o histórico de execuções, os seus resultados, bem como o conhecimento registrado, serem exportados para outros pesquisadores em formatos como CSV, XML e KO, tal como é feito para qualquer outro dado ou conhecimento sobre o modelo, como descrito na Seção 3.3.4.

Em virtude de modelos científicos frequentemente utilizarem enormes quantidades de dados e necessitarem de grande poder computacional para sua execução, os modelos podem ser submetidos para execução em grades computacionais (*grids*). Com isso, o pesquisador possui uma alternativa ao uso de supercomputadores ou a clusters de PCs para execução desses modelos. Para isso ele deve ter acesso a uma grade computacional (que em geral é mais viável e de menor custo).

O ambiente poderá ser desenvolvido para permitir acesso a diferentes plataformas de grades computacionais, como o Globus (GLOBUS ALLIANCE, 2010) e o OurGrid (OURGRID, 2010). No entanto, isso deve ser tão transparente quanto possível ao usuário final, na medida em que o mesmo apenas deseja submeter seus modelos a execução e obter os resultados, sem ter que conhecer detalhes da infraestrutura de grade computacional subjacente. Essa preocupação deve ser do administrador do sistema, que deve decidir qual plataforma de grade utilizar, ou adequar o sistema à(s) plataforma(s) disponível(is) em sua instituição.

Assim, uma das vantagens deste ambiente será prover uma interface que auxilie um usuário que não possui conhecimento em grades computacionais a submeter modelos a execução nessas plataformas. Por exemplo, um pesquisador da área de biologia ou geografia não precisa ter conhecimento sobre a utilização de linhas de comando do *shell* do sistema operacional que ele está utilizando, nem sobre grades, nem mesmo possuir um software de grade instalado em sua máquina, para submeter um modelo a execução nesses ambientes. Apenas com acesso à *web* ele pode escolher um modelo, submetê-lo à execução em grades e observar os resultados.

Uma variedade de modelos, no entanto, não requer grande poder computacional para sua execução, podendo assim ser executados com desempenho razoável em simples computadores pessoais ou estações de trabalho.

Nas seções a seguir descreve-se como poderá ser o suporte à execução de modelos, tanto localmente quanto em ambiente de grades computacionais, no ambiente MODENA. A Seção 5.2.1.1 descreve a execução de modelos na própria máquina do usuário e a Seção 5.2.1.2 apresenta a execução de modelos em ambiente de grades computacionais.

Cabe observar que a decisão sobre para onde será feita a submissão do modelo à execução será do usuário. No entanto, o sistema permitirá uma configuração padrão, que poderá ser alterada pelo usuário ao submeter o modelo. Em princípio, qualquer ambiente de grade computacional poderá ser utilizado com o ambiente MODENA, bastando para isso que o ambiente de trabalho do usuário possua um software cliente que interprete comandos e submeta modelos à execução no respectivo ambiente de grade.

### **5.2.1.1 – Execução Local**

A execução local pode ser feita de duas formas: *i*) pela realização do arquivo executável do programa computacional que implementa o modelo; *ii*) pela submissão de um arquivo de scripts a algum software específico (como o MatLab, Maple, Excel, ArcGIS, etc), caso a implementação computacional do modelo seja na forma de scripts.

Na primeira forma, o arquivo executável deve estar armazenado no sistema, bem como qualquer arquivo de configuração ou outro que por ventura esse arquivo executável requeira. Além disso, a linha de comando para execução deve ser registrada no sistema, para que o mesmo possa dispará-la. A Seção 1.2 do Anexo 1 mostra como essas informações devem ser registradas.

Na segunda, o arquivo de scripts também deve estar armazenado no sistema, bem como a linha de comando necessária para executá-lo. Neste caso, o software necessário para executar o script deve estar instalado na máquina do usuário que deseja executar o modelo.

Após executar o modelo, o sistema obtém os resultados, na forma textual ou de arquivos, e os registra na base de dados ou os envia a um banco de dados externo, como dados de saída da execução do modelo.

### 5.2.1.2 – Execução em ambiente de grades computacionais

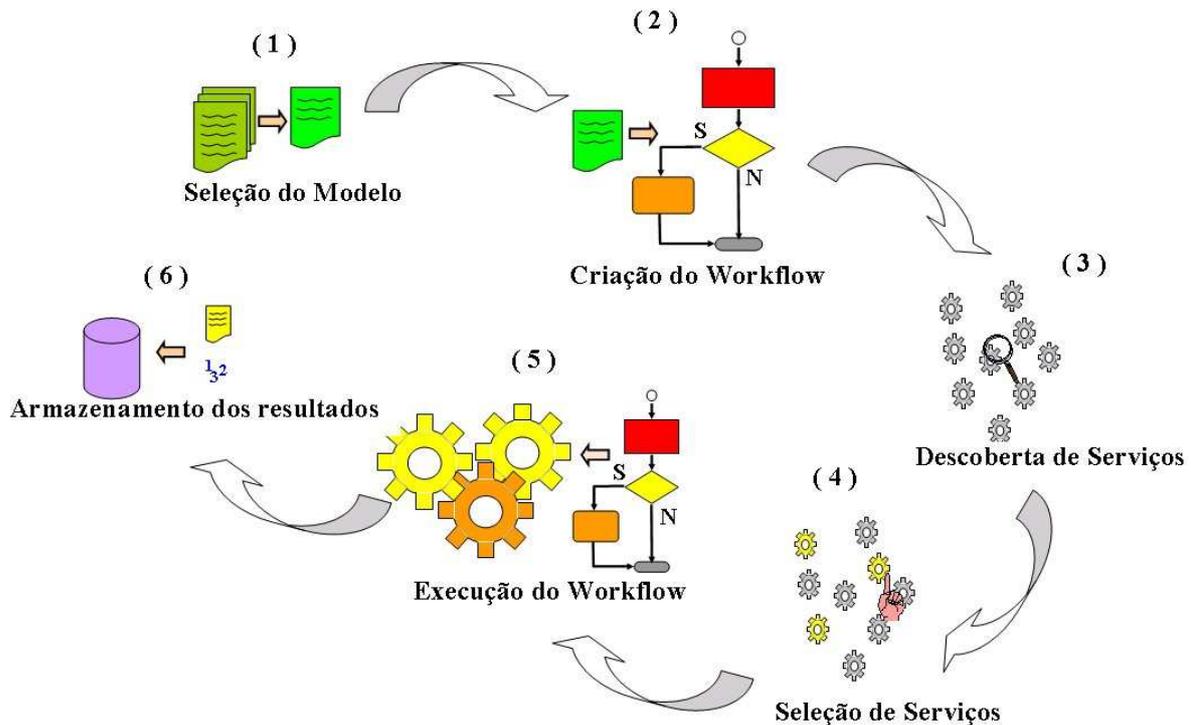
A execução de modelos em grades pelo ambiente MODENA poderia ser feita submetendo-se o arquivo executável ou o *script* do modelo, tal como na execução local. No entanto, caso o modelo seja implementado na forma de arquivo executável, o mesmo deverá ser submetido ao ambiente de grade, juntamente com seus parâmetros. Caso o modelo esteja na forma de *script*, as máquinas da grade para onde o modelo será enviado deverão possuir o software correspondente para a execução do modelo.

Os modelos poderiam ser executados por meio de serviços de grade, sendo que para isso seria necessária a geração de um *workflow* de execução. A execução de um modelo por meio de serviços de grades poderia ser realizada pelas seguintes etapas (ilustradas na Figura 25):

- 1 – Seleção do modelo a ser submetido à execução;
- 2 – Geração de um *workflow* representando os passos para a execução do modelo;
- 3 – Descoberta dos recursos de grades computacionais disponíveis;
- 4 – Seleção dos recursos a serem utilizados para execução do *workflow*;
- 5 – Submissão do *workflow* à execução no ambiente de grades computacionais;
- 6 – Captura e armazenamento dos resultados obtidos na execução.

A escolha do modelo a ser executado (passo 1) seria efetuada por meio de uma busca na base de modelos. Alternativamente à seleção, poder-se-ia utilizar um modelo resultante de uma composição a fim de verificar se o mesmo atende às necessidades do pesquisador.

Após a seleção do modelo, seria efetuada a geração de um *workflow* contendo os passos para a execução do mesmo (passo 2). Esse passo envolveria a participação do usuário na definição do *workflow* por meio de uma ferramenta gráfica, o Editor de Workflows. Além disso, o usuário deverá atuar na implementação do *workflow* em uma linguagem de descrição de *workflows*, de forma que o mesmo possa ser executado em grades computacionais.



**Figura 25** – Etapas de execução de um *workflow* em grade computacional (BRITO *et al*, 2005b).

Em seguida, seria realizada a descoberta dos recursos de grades computacionais disponíveis para execução do *workflow* (passo 3), através do levantamento dos serviços acessíveis pelo grupo de pesquisa. Esta busca poderia ser feita seguindo os padrões definidos pelo *Open Grid Forum* (OGF, 2010).

Feita a descoberta dos recursos, estes podem ser selecionados para participarem da execução do *workflow* (passo 4), com base em alguns critérios, como: proximidade, disponibilidade, capacidade de armazenamento, poder computacional, velocidade de conexão de rede, entre outros. A seleção poderia ser feita manualmente, pelo próprio usuário, ou automaticamente, onde o sistema decidiria com base em configurações prévias do usuário. Uma seleção ainda mais automatizada poderia ser feita com o sistema decidindo quais os melhores recursos que poderiam ser utilizados, com base em técnicas de otimização e Inteligência Artificial.

Após a seleção dos recursos, o *workflow* seria submetido à execução (passo 5), por meio da submissão do documento de descrição de *workflow* correspondente, a uma “máquina” de execução de *workflow*. Assim, as tarefas seriam submetidas à grade, executadas e seus resultados coletados e armazenados no sistema (passo 6) para análise.

## Referências Bibliográficas

- ANDROMDA, 2006, *AndroMDA*. <http://www.andromda.org>.
- APACHE, 2009, *Tomcat*. <http://www.apache.org>.
- BALASUBRAMANIAN, P. R., LENARD, M. L., 1998, *Structuring Modeling Knowledge for Collaborative Environments*.1060-3425/98. IEEE.
- BANERJEE, S., BASU, A., 1993, “Model Type Selection in an Integrated DSS Environment”. *Decision Support System*. v. 9.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V., 1996, *Introdução à Engenharia*. 4 ed. Florianópolis, Editora da UFSC.
- BECKMAN, T., LIEWBOWITZ, J., 1998, *Knowledge Organizations: What Every Manager Should Know*. St. Luice Publication.
- BERNSTEIN, P. A., 2003, “Applying Model Management to Classical Meta Data Problems”. *Proceedings of the 2003 CIDR Conference*.
- BERRY, J. K., 1995, “What’s in a model”. *GIS World*. 8(1):26-28.
- BIAN, Ling., 1997, *Integrating Environmental Models and GIS in the Framework of GIS Interoperability*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/interop97/program/papers/bian.html>.
- BONHAM-CARTER, G. F., 1994, *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS*. Pergamon.
- BRITO, H. M., 2004a, *Representação de Ontologias*. Monografia final da disciplina de Gestão do Conhecimento. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – COPPE/UFRJ.
- BRITO, H. M., 2004b, *Gestão de Conhecimento Distribuído utilizando Grid Services*. Monografia final da disciplina de Gestão do Conhecimento Distribuído. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – COPPE/UFRJ.
- BRITO, H. M., 2004c, *Sistema de Gerência de Modelos para Cooperação Científica*. Monografia final da disciplina de Trabalho Cooperativo Suportado por Computador. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – COPPE/UFRJ.
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J., OSTHOFF, C., 2005a, “Scientific Models Management in Computational Grids”. *17th International Scientific and Statistical Database Management Conference*. Santa Barbara, California.

- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J., 2005b, “MODENA: Um Ambiente para Gestão de Modelos Científicos em Grades Computacionais”. *XXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering*. Guarapari.
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2005c, “ModManager: Um Sistema para Gestão de Conhecimento sobre Modelos Científicos via Web”. *IV Congresso Brasileiro de Gestão de Conhecimento*. São Paulo.
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2006a, “Gestão de Conhecimento apoiando o Ciclo de Vida de Modelos Ambientais”. *I Congresso Ibero-Americano de Gestão do Conhecimento e Inteligência Competitiva*. Curitiba.
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2006b, “Supporting the Modeling Life Cycle through Knowledge Management”, *20th International Conference on Informatics for Environmental Protection (EnviroInfo)*, 06-08/09/2006, Graz, Áustria (aceito como resumo).
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2007a, “Use of Ontology of Models in Scientific Model Management”, *6th International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS'07)*, 22-25/09/200, Praga, República Tcheca.
- BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2007b, “A Web-based System to Support e-Collaboration in the Design and Construction of Environmental Models”, *21st International Conference on Informatics for Environmental Protection (EnviroInfo)*, 12-15/09/200, Varsóvia, Polônia.
- BRUNET, R., FERRAS, R., THÉRY, H., 1993, *Les mots de la Géographie: dictionnaire critique*. Montpellier, GIP-RECLUS, 2 ed.
- CARDOSO, L. B., 2001, *Especificação de um Ambiente para Gerência de Modelos Científicos em Sistemas de Suporte a Decisão Não Convencionais*. Dissertação de Mestrado. IM/NCE/UFRJ.
- CARTIER, J., RUDOLPH, J., STEWART, J., 2001, *The Nature and Structure of Scientific Models*. The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science (NCISLA), University of Wisconsin.
- CAVALCANTI, M. C., MATTOSO, M., CAMPOS, M. L., LLIRBAT, F., SIMON, E., 2002, “Sharing Scientific Models in Environmental Applications”. *Proceedings of the 2002 ACM Symposium on Applied Computing*. Madri.

- CAVALCANTI, M. C., 2003, *Gerência de Recursos Científicos: apoiando a Realização de Experimentos In Silico*. Tese de Doutorado, PESC/COPPE/UFRJ.
- CHORLEY, R. J., 1967, "Models in Geomorphology". In: *Models in Geography* (CHORLEY, R. J., HAGGETT, P., Eds.). Londres, Methuen & Co.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1999, *Modelagem de Sistemas Ambientais*. Ed. Edgard Blücher. São Paulo.
- COLEMAN, A. S., 2003, "Scientific Models as Works". *ASIST 03*. Long Beach, California.
- DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), IST (European Union Information Society Technologies Programme), 2001, *DAML+OIL*. <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>.
- DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), 2004, *DAML Ontology Library*. <http://www.daml.org/ontologies/>.
- DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), 2006, *The DARPA Agent Markup Language (DAML)*. <http://www.daml.org>.
- DCMI, 2006. *Dublin Core Metadata Initiative*. <http://dublincore.org/>.
- DIETRICH, W. E., WILSON, C. J., MONTGOMERY, D. R., MCKEAN, J., 1993, *Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks and Landscape Morphology Using a Digital Terrain Model*. *The Journal of Geology*, v. 101, pp. 259-278.
- DOLK, D. R., 1986, "A Generalized Model Management System for Mathematical Programming". *ACM Transactions on Mathematical Software*, v. 12, n. 2. pp. 92-126.
- FENSEL, D., 2004, *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Springer-Verlag, Berlin. 2 ed.
- FERREIRA, A. B. H., 1999, *Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI*. Versão 3.0. Editora Nova Fronteira.
- FORTIN, M. M. W., 1998, *Knowledge Management: The Way Ahead for the DND/CF*. <http://www.cfcsc.dnd.ca/irc/nh/nh9798/0035.html>.
- FRIGG, R., 2005, "Scientific Models". In: *The Philosophy of Science: An Encyclopedia* (SARKAR, S. et al., Eds.). New York: Routledge Press. Vol. 2, p. 740-749.
- GEOFRION, A. M. 1989, "Computer based modeling environments". *European Journal of Operational Research*, North Holland, n. 41, pp. 33-44.

- GEOMA, 2006, *Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia*.  
<http://www.geoma.lncc.br/>.
- GLOBUS ALLIANCE, 2010, *Globus*. <http://www.globus.org/>.
- GRUBER, T. R., 1993, “A Translation Approach to Portable Ontology Specification”.  
*Knowledge Acquisition*. 5: 199-220.
- GUARINO, N., 1998, “Formal Ontology and Information Systems”. *Proceedings of the First International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98)*, Trento, Itália.
- GUARISO, G., HITZ, M., WERTHNER, H., 1996, “An Integrated Simulation and Optimization Modelling Environment for Decision Support”. *Decision Support Systems*. v. 16
- GUENTHER, O., 1998, “Environmental Information Systems”. *Data Analysis and Decision Support* (131–169). Springer-Verlag.
- HAGGETT, P., CHORLEY, R. J., 1967, “Models, Paradigmes and the New Geography”. In: *Models in Geography* (CHORLEY, R. J., HAGGETT, P., Eds.). Londres, Methuen & Co.
- HAINES-YOUNG, R., PETCH, J., 1986, *Physical Geography: its Nature and Methods*. Londres, Harper & Row.
- HENDERSON-SELLERS, A., MCGUFFIE, K., 1997, “Climate models”. In: *Applied Climatology: Principles and Practice* (THOMPSON, R. D., PERRY, A., Eds.). Londres, Routledge, 36-50.
- HOUAISS (Instituto Antônio Houaiss), 2001, *Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa*. Versão 1.0. Editora Objetiva.
- KIRKBY, M. J., 1987, *Computer Simulation in Physical Geography*. New York, John Wiley & Sons.
- KRISHNAN, R., CHARI, K., 2000, *Model management: survey, future research directions and a bibliography*. *Interactive Transactions of OR/MS*, 3 (1).
- LEITE, F. C. L. ; COSTA, S. M. S., 2007, *Gestão do conhecimento científico: proposta de um modelo conceitual com base em processos de comunicação científica*. *Ciência da Informação*, v. 36, p. 92-107.
- LENARD, M. L., 1993, “A Prototype Implementation of a Model Management System for Discrete-Event Simulation Models”. *Proceedings of the 1993 Winter Simulation*

- Conference* (EVANS, G. W., MOLLAGHASEMI, M., RUSSELL, E.C., BILES, W.E., Eds.).
- MATHWORKS, 2010, *MATLAB - The Language of Technical Computing*  
<http://www.mathworks.com/products/matlab/>.
- MELNIK, S., RAHM, E., BERNSTEIN, P. A., 2003, “Rondo A Programming Platform for Generic Model Management”. *SIGMOD 2003*, San Diego, California.
- MINSHULL, R., 1975, *An Introduction to Models in Geography*. Londres, Longman.
- MORGAN, M., MORRISON, M., 1999, *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge, Cambridge University Press.
- NONAKA, I., TAKEUSHI, H., 1997, *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro, Campus.
- OGF (Open Grid Forum), 2010, <http://www.gridforum.org>.
- OLIVEIRA, J., 2003, *Epistheme: Um Ambiente de Gestão de Conhecimento Científico*. Dissertação de Mestrado. PESC/COPPE/UFRJ.
- OLIVEIRA, J., 2007, *METHEXIS: Uma Abordagem de Gestão do Conhecimento para Ambientes de E-Ciência*. Tese de Doutorado. PESC/COPPE/UFRJ.
- OLIVEIRA, J., SOUZA, J. M., 2004, “Improving Knowledge Sharing through Knowledge Objects Representation”. *4th International Conference on Knowledge Management*, Áustria.
- ONTOKNOWLEDGE, 2000, *Ontology Inference Layer (OIL)*.  
<http://www.ontoknowledge.org/oil/oilhome.shtml>.
- OPENOFFICE, 2010, *Calc: The all-purpose spreadsheet*.  
<http://www.openoffice.org/product/calc.html>.
- OUELLET, R.; OGBUJI, U., 2002a, *Introduction to DAML: Part I*.  
<http://www.xml.com/pub/a/2002/01/30/daml1.html>.
- OUELLET, R.; OGBUJI, U., 2002b, *Introduction to DAML: Part II*.  
<http://www.xml.com/pub/a/2002/03/13/daml.html>.
- OURGRID, 2010, *Projeto OurGrid*. <http://www.ourgrid.org>.
- PACK, R. T., TARBOTON, D. G., GOODWIN, C. N., 1998, *A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping*. SINMAP User's Manual., 68 p.

- PORTO, F.; MACEDO, J.; TAMARGO, J.; ZUFFEREY, Y.; VIDAL, V.; SPACCAPIETRA, S., 2008, *Towards a Scientific Model Management System*. Lecture Notes in Computer Science, Proceedings of the ER 2008 Workshops on Advances in Conceptual Modeling: Challenges and Opportunities; Vol. 5232, p. 55-65.
- POSTGRES, 2006, *PostgreSQL*. <http://www.postgres.org>.
- RIMON, M., KELLER, R. M., 1992, *A Knowledge-Based Software Development Environment for Scientific Model Building*. IEEE.
- SINGH, V. P., 1995, *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications.
- SILVA, F. A. D., 2006, *Análise da Susceptibilidade a Escorregamentos de Massas na Bacia do Rio Paqueta – Teresópolis - Estado do Rio de Janeiro, Utilizando os Modelos SINMAP e SHALSTAB*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Geologia/UERJ.
- SOUZA, J. F., 2006, *Negociação do Significado para Viabilizar a Interoperabilidade Semântica*. Dissertação de Mestrado. PESC/COPPE/UFRJ.
- STANFORD, 2006, *Protégé*. <http://protege.stanford.edu>.
- STOLLENWERK, M. F. L., 2001, “Gestão do Conhecimento: Conceitos e Modelos”. In: *Inteligência Organizacional e Competitiva*, (TARAPANOFF, K., organizadora) capítulo 5. Brasília, Editora UnB.
- SUN MICROSYSTEMS, 2005, *Java*. <http://java.sun.com>.
- TARAPANOFF, K., 2001, *Inteligência Organizacional e Competitiva*. Brasília, Editora UnB.
- TECNOLINK, 2003, *Engenharia do Conhecimento*. <http://qos.tecnolink.com.br/doc/Ontologia.htm>.
- VASSALO, A., OLIVEIRA, C., OSTHOFF, C., BRITO, H. M., STRAUCH, J., SOUZA, J. 2007, “Execution Management of Scientific Models on Computational Grids”. *Lecture Notes in Computer Science, High Performance Computing for Computational Science - VECPAR 2006*. Berlin: Springer Verlag, Vol. 4395, p. 670-678.
- VISSMAN Jr., W., LEWIS, G. L., 1996, *Introduction to Hydrology*. Nova Iorque, Harper Collins College Publishers, 4 ed.

- W3C (World Wide Web Consortium), 2003, *Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0 (Second Edition)*. <http://www.w3.org/TR/MathML2/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2004a, *Web Ontology Language (OWL)*. <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2004b, *Resource Description Framework (RDF)*. <http://www.w3.org/RDF/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2004c, *RDF Schema (RDFS)*. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2004d, *RDF Primer*. <http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2004e, *OWL Web Ontology Language Overview*. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 2009, *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview*. <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>.
- WOLDENBERG, M. J., 1985, *Models in Geomorphology*. Londres, George Allen & Unwin.
- ZEIGLER, B. P., 1976, *Theory of Modelling and Simulation*. John Wiley.

# Anexo 1. Questionário sobre a Prática da Gestão do Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

Nas seções a seguir são apresentadas as telas das páginas *web* do questionário aplicado aos pesquisadores.

## 1.1. Introdução do questionário e identificação do respondente

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

Prezado(a) pesquisador(a),

Este questionário tem como objetivo realizar um levantamento sobre como é a prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos Científicos, no trabalho de Grupos de Pesquisa de organizações científicas brasileiras. Ele será utilizado como base estatística em teses de doutorado.

Pedimos a você, como pesquisador, que responda o mais fielmente possível, levando em consideração as ações, voluntárias ou não, de gestão do conhecimento praticadas tanto por você (conhecimento pessoal), quanto por seu grupo de pesquisa e sua instituição (conhecimento organizacional).

**O tratamento dos dados será puramente estatístico. Sua identificação pessoal não será feita, direta ou indiretamente, em nenhuma parte do trabalho a ser apresentado.** O preenchimento dos campos não é obrigatório, é claro, mas quanto mais completa sua resposta, maior será sua contribuição para o enriquecimento deste trabalho.

O tempo médio de resposta é de 15 a 20 minutos.

Sinta-se à vontade para deixar seu comentário em qualquer ponto do questionário.

Desde já agradeço enormemente sua participação,  
Halisson Brito

-----  
Halisson Matos de Brito  
Doutorando da Linha de Banco de Dados  
Programa de Engenharia de Sistemas e Computação  
COPPE/UFRJ  
hmbrito@cos.ufrj.br

*Há 41 perguntas no questionário.*

Carregar questionário não concluído      Próximo >>      [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Identificação

Nesta seção, responda de acordo com seu perfil profissional.

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Identificação

**Nome**

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Identificação

**Instituição(ões) a(às) qual(is) pertence**

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Identificação

**Cargo(s) que ocupa na(s) instituição(ões)**

Escolha a(s) que mais se adequem

- Diretor
- Coordenador
- Professor
- Pesquisador
- Assistente de Pesquisa
- Técnico
- Estagiário
- Aluno
- Outro(s)

Continuar mais tarde

<< Anterior

Próximo >>

[Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Identificação

**Área(s) de Pesquisa em que trabalha**

Escolha a(s) que mais se adequem

- Ambiental
- Social
- Econômica
- Química
- Biologia
- Física
- Estatística
- Engenharia
- Agronomia
- Computação
- Outra(s)

Continuar mais tarde

<< Anterior

Próximo >>

[Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Identificação

**Grupo(s) de Pesquisa ao(s) qual(is) pertence**

[Continuar mais tarde](#)   [<< Anterior](#)   [Próximo >>](#)   [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Identificação

**Função(ões) no(s) grupo(s) de pesquisa**

**Escolha a(s) que mais se adequem**

- Coordenador
- Membro
- Colaborador
- Outra(s)

[Continuar mais tarde](#)   [<< Anterior](#)   [Próximo >>](#)   [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Identificação

**\* Maior grau de instrução**

Escolha um das seguintes respostas:

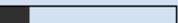
- Médio Incompleto
- Médio Completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Mestrado Incompleto
- Mestrado Completo
- Doutorado Incompleto
- Doutorado Completo
- Pós-doutorado Incompleto
- Pós-doutorado Completo

Por favor, coloque aqui o seu comentário:

[Continuar mais tarde](#)    << Anterior    Próximo >>    [\[Sair e limpar questionário\]](#)

## 1.2. Questões sobre Gestão do Conhecimento, Gestão de Modelo e afins

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

Nesta seção, responda/relate suas práticas de Gestão do Conhecimento sobre modelos.

[Continuar mais tarde](#)    Próximo >>    [\[Sair e limpar questionário\]](#)

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

\* Realiza a Gestão do Conhecimento em seus trabalhos de pesquisa?

Escolha um das seguintes respostas:

- Nunca
- Raramente
- Às Vezes
- Frequentemente

Por favor, coloque aqui o seu comentário:



Gestão do Conhecimento - de modo geral, pode ser definida como a coleção de processos que apoiam a criação, utilização e disseminação do conhecimento numa organização.

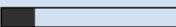
Continuar mais tarde

<< Anterior

Próximo >>

[Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

\* Utiliza ou já utilizou modelos em seus trabalhos de pesquisa?

Escolha um das seguintes respostas:

- Nunca
- Raramente
- Às Vezes
- Frequentemente

Por favor, coloque aqui o seu comentário:



Modelos - são representações simplificadas da realidade, que têm por objetivo abstrair a porção da mesma que interessa à solução de um problema. Um modelo científico é por vezes representado por um ou mais programas, que em geral implementam um conjunto de equações, fazem parte de workflows, consomem e geram dados.

Continuar mais tarde

<< Anterior

Próximo >>

[Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\* Desenvolve ou já desenvolveu modelos em seus trabalhos de pesquisa?**

Escolha um das seguintes respostas:

Nunca

Raramente

Às Vezes

Frequentemente

Por favor, coloque aqui o seu comentário:

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\* Utiliza ou já utilizou algum sistema para Gestão de Modelos?**

Sim  Não

**?**

Sistema de Gestão de Modelos – armazenam e organizam os metadados, dados e programas referentes aos modelos utilizados por uma organização.

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

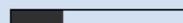
Gestão do Conhecimento

**Qual(is)?**



[Continuar mais tarde](#)    << Anterior    Próximo >>    [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**Qual(is) o(s) objetivo(s)?**

**Escolha a(s) que mais se adequem**

- Armazenar os modelos
- Organizar melhor os modelos
- Facilitar a busca e recuperação dos modelos
- Desenvolver um modelo
- Aprender sobre um modelo
- Reutilizar um modelo (modificá-lo, para outro fim)
- Outros:



[Continuar mais tarde](#)    << Anterior    Próximo >>    [\[Sair e limpar questionário\]](#)

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Sentiu necessidade de registrar algum conhecimento, nessa utilização?**

Sim  Não

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**De que tipo?**

**Escolha a(s) que mais se adequa(m)**

Observação empírica

Lição aprendida

Erro a ser evitado numa próxima utilização do modelo

Melhores práticas

Outros:

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Registrou em algum lugar?**

**Escolha a(s) que mais se adequa(m)**

- Na própria memória
- Em Papel (informalmente)
- Em documento similar ao do Microsoft Word (informalmente)
- Em um artigo científico
- Em uma tese/dissertação
- Em um livro
- Em algum sistema de Gestão do Conhecimento. Qual?
- No próprio sistema de Gestão de Modelos
- Outros:

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Utiliza ou já utilizou algum sistema para execução de modelos (simulação)?**

Sim  Não

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**Qual(is)?**

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**Qual(is) o(s) objetivo(s)?**

**Escolha a(s) que mais se adequem**

Realizar um experimento

Gerar dados (insumos) para um experimento

Validar um modelo que desenvolvi/reutilizei

Outros:

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\*Sentiu necessidade de registrar algum conhecimento, nessa utilização?**

Sim  Não

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**De que tipo?**

**Escolha a(s) que mais se adequem**

- Observação empírica
- Lição aprendida
- Erro a ser evitado numa próxima execução do modelo
- Melhores práticas
- Outros:

**?**

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Registrou em algum lugar?**

**Escolha a(s) que mais se adequem**

- Na própria memória
- Em Papel (informalmente)
- Em documento similar ao do Microsoft Word (informalmente)
- Em um artigo científico
- Em uma tese/dissertação
- Em um livro
- Em algum sistema de Gestão do Conhecimento. Qual?
- No próprio sistema de execução de modelos
- Outros:

**?**

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\*Utiliza ou já utilizou algum sistema para Gestão de Conhecimento sobre Modelos?**

Sim  Não

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**Qual(is)?**

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

Qual sua impressão sobre a usabilidade (facilidade de uso, de navegação, etc.)?



Continuar mais tarde << Anterior Próximos >> [Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

\*Permitiu registrar o conhecimento de forma satisfatória? Por que?

Escolha um das seguintes respostas:

Sim

Não

Por favor, coloque aqui o seu comentário:



Continuar mais tarde << Anterior Próximos >> [Sair e limpar questionário]

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Permitiu recuperar o conhecimento de forma satisfatória? Por que?**

Escolha um das seguintes respostas:

Sim

Não

Por favor, coloque aqui o seu comentário:

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Quais as ferramentas utilizadas no sistema?**

Escolha a(s) que mais se adequem:

Ferramenta textual simples

Mapas mentais

Elaboração de diagramas

Desenho livre

Chat

Wiki

Fórum de Discussão

Blog

Outros:

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\*Utiliza ou já utilizou algum workflow para a execução de modelos (simulação)?**

Sim  Não

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**\*Utiliza (ou utilizou) algum software para isso?**

Sim  Não

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▾

Gestão do Conhecimento

**Qual(is)?**

**?**

Continuar mais tarde << Anterior Próximo >> [Sair e limpar questionário]

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Qual sua impressão sobre ele(s) (usabilidade, eficiência, eficácia, desempenho, etc.)?**

**?**

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Desenvolve ou já desenvolveu algum workflow para a execução de modelos (simulação)?**

Sim  Não

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Utiliza (ou utilizou) algum software para isso?**

Sim  Não

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Qual(is)?**

**?**

[Continuar mais tarde](#)   [<< Anterior](#)   [Próximo >>](#)   [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Qual sua impressão sobre ele(s) (usabilidade, eficiência, eficácia, desempenho, etc.)?**

**?**

[Continuar mais tarde](#)   [<< Anterior](#)   [Próximo >>](#)   [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Estaria disposto a utilizar um sistema de Gestão de Conhecimento sobre Modelos para apoiar cotidiano do seu trabalho de pesquisa? Por que?**

Escolha um das seguintes respostas:

Sim

Não

Por favor, coloque aqui o seu comentário:

**?**

[Continuar mais tarde](#) [<< Anterior](#) [Próximo >>](#) [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**Que tipo informações ou de conhecimento, sobre seu trabalho, você acha que um sistema de Gestão do Conhecimento sobre Modelos deveria lhe possibilitar registrar?**

**?**

[Continuar mais tarde](#) [<< Anterior](#) [Próximo >>](#) [\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Gestão do Conhecimento

**\*Que tipo de impacto que, na sua visão, a utilização de um sistema de Gestão do Conhecimento sobre Modelos teria sobre o seu trabalho de pesquisa? Quais seriam esses impactos?**

Escolha um das seguintes respostas:

Positivo

Negativo

Nenhum

Por favor, coloque aqui o seu comentário:



[\[Sair e limpar questionário\]](#)

### 1.3. Espaço para comentários finais

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Comentários

Nesta seção, fique à vontade para fazer suas observações sobre este trabalho.

[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Comentários

**Por favor, deixe seus comentários sobre Gestão de Conhecimento sobre modelos.**



[\[Sair e limpar questionário\]](#)

**Pesquisa sobre a Prática da Gestão de Conhecimento sobre Modelos em Organizações Científicas**

0%  100%

Português (do Brasil) ▼

Comentários

**Por favor, deixe seus comentários sobre este estudo, este questionário ou ainda um comentário livre.**



[\[Sair e limpar questionário\]](#)