

MODELAGEM DE UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA APRIMORAR PRODUTOS E PROCESSOS NA PRODUÇÃO DE LEITE UTILIZANDO A UML.

MODELING AN EXPERT SYSTEM TO IMPROVE PRODUCTS AND PROCESSES IN THE MILK PRODUCTION USING THE UML.

Mario Mollo Neto¹

Irenilza de Alencar Nääs²

Resumo

A zootecnia de precisão permite o desenvolvimento de ferramentas automatizadas que fornecem um acompanhamento detalhado do plantel, aumentando a rentabilidade, e protegendo os animais racionalmente. O setor agropecuário brasileiro, em decorrência das intempéries da economia mundial globalizada, vem, de maneira crescente, se adaptando à utilização destas ferramentas automatizadas para suporte à tomada de decisão. A laminite é a patologia de maior custo para o gado de leite confinado. Suas causas incluem condições climáticas, de alojamento, de alimentação e a presença de pisos mais abrasivos. Baseando-se nessas informações é possível, utilizando o algoritmo correto, construir um modelo que permita ao usuário estimar a possibilidade de incidência de laminite em gado leiteiro, a partir de dados históricos ou mesmo de outras variáveis que causam a patologia. Neste trabalho foi realizada a modelagem, utilizando a *Universal Modelling Language* (UML), de um sistema especialista com motor de inferência Fuzzy para o diagnóstico preventivo desta patologia que reduza os impactos na produção e no conforto animal. A partir da modelagem realizada ficam disponíveis novas bases para a futura codificação e construção do sistema especialista para mitigar a patologia de casco, reduzir os impactos de perdas de receita relacionados e ampliar o conforto animal.

Palavras-chave: Laminite, Sistema Especialista, Suporte a Decisão, Lógica Fuzzy, Diagnóstico Preventivo, Bem-estar animal, Modelagem.

¹ Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP – Universidade Paulista UNIP. Rua Dr. Bacelar, 1212, 4º andar – Vila Clementino – São Paulo – SP – CEP: 04026-002. mariomollo@gmail.com

² Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI-UNICAMP. irenilza@gmail.com

Abstract

The animal precision production allows the development of automated tools that provide detailed tracking of the flock, increasing profitability, and protecting animals rationally. The Brazilian agricultural sector, due to weathering of the globalized world economy comes from increasingly, adapting the use of these automated tools to support decision making. Lameness is the most costly disease to confined milk cattle. Their causes cover climatic conditions, housing, feeding and the presence of more abrasive floors. Based on this information it is possible, using the correct algorithm to construct a model that allows the user to estimate the possibility of incidence of lameness in dairy cattle from historical data or other variables that cause the pathology. In this work the modeling was performed using the Universal Modelling Language (UML), of an expert system with a fuzzy inference engine for the preventive diagnosis of this condition that reduces the impact on production and cow comfort. From the modeling undertaken are available new foundation for future coding and building the expert system to mitigate the condition of the hull, reducing the impact of revenue losses related and expand the animal comfort.

Keywords: Laminitis, expert system, decision support, fuzzy logic, preventive diagnosis, animal welfare, modeling.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os problemas relacionados às patologias dos cascos dos bovinos adquiriram importância crescente na bovinocultura sendo em muitos casos, um dos principais entraves econômicos ao seu desenvolvimento.

A zootecnia de precisão, em seu estágio atual, permite o desenvolvimento de ferramentas automatizadas que fornecem um acompanhamento detalhado do plantel, possibilitando ação localizada, segundo suas necessidades específicas, aumentando a rentabilidade, e protegendo os animais

racionalmente. O setor agropecuário brasileiro, em decorrência das intempéries da economia mundial globalizada, vem, de maneira crescente, se adaptando à utilização destas ferramentas automatizadas para suporte à tomada de decisão e antes de codificá-las devem-se atender, durante o projeto, a requisitos que só poderão ser detectados pelos programadores mediante uma modelagem que cubra todas as necessidades dos criadores, dos animais, dos veterinários e demais atores envolvidos.

Patologias de Casco

As patologias de casco que, atualmente, não são passíveis de detecção sem que se faça um exame visual por parte do especialista, e estas patologias são, para o animal, fontes de grave desconforto. A possibilidade de se portar este conhecimento do

especialista, e mais um conjunto de informações das variáveis que influem no desenvolvimento da patologia, para uma ferramenta de tecnologia de informação, permite lançar as bases de um processo de diagnóstico preventivo.

A laminite é a patologia de maior custo para o gado de leite confinado. Suas causas incluem condições de alimentação ou rações que elevam a acidose ruminal e a presença de pisos mais abrasivos. O tipo do piso é de particular importância devido à distribuição e redistribuição das pressões nos cascos. Gado confinado e sujeito a pisos abrasivos, assim como concreto, leva a uma grande redistribuição das pressões o que causa uma concentração de pressões e stress nos cascos (RAVEN, 1989). Índices de locomoção (MANSON e LEAVER, 1988; SPRECHER, 1997) podem informar antecipadamente problemas de locomoção relacionados à laminite, e as influências das pressões de contato devido às propriedades mecânicas de rugosidade do piso e suas influências no desgaste dos cascos (DE BELIE et al., 2003). Através do uso de plataformas de força, RAVEN (1989) demonstrou que distribuição de peso em gado tem um

padrão característico e a maioria das forças provenientes do peso do animal é concentrada na porção lateral dos cascos das patas traseiras e na porção interior das patas dianteiras. Outras variáveis podem contribuir de maneira relevante no diagnóstico desta patologia, assim como, as variáveis climáticas referentes aos índices de conforto térmico, onde os valores de ITU (Índice de Temperatura e Umidade) podem ser relacionados com o acréscimo do pH ruminal durante o estresse térmico através do mecanismo de perda de saliva como resposta psicológica para a compensação do estresse térmico. Baseando-se nessas informações científicas é possível, por exemplo, utilizando o algoritmo correto, construir um modelo que permita ao usuário estimar a possibilidade de incidência de laminite em gado leiteiro, a partir de dados históricos ou mesmo de outras variáveis que causam a patologia.

Informatização e Modernização da Bovinocultura

No processo de informatização e modernização da bovinocultura, diversas são as aplicações e usos da informática, muitas delas relatadas por LOPES (1997) e LOPES (2002). Entre essas, destaca-se o desenvolvimento de sistemas computacionais especialistas, visando a ajudar produtores e profissionais a tomarem decisões corretas. Um sistema especialista é definido por BARR e FEIGENBAUM (1981) como, “Um programa de computador inteligente que utiliza de conhecimento e procedimentos de inferência para resolver problemas que são suficientemente difíceis para necessitar de conhecimento humano para a sua solução”. Apesar do uso destes

sistemas serem menos difundidos na medicina veterinária, grande número de projetos foi informado na literatura (VOZ et al., 1990; REVIE et al., 1994; NIELSEN et al., 1994; ENEVOLDSEN et al., 1995; GU et al., 1999).

O desenvolvimento de sistemas especialistas utiliza-se atualmente de uma das fontes de dados “não-estruturada” mais importante disponível: o conhecimento tácito adquirido por veterinários, pesquisadores e profissionais liberais por meio de treinamento e experiência adquirida através do tempo. O foco deste desenvolvimento dá-se devido a pouca disponibilidade de dados veterinários quantitativos, o que leva a concentrar os aspectos metodológicos

na captura e replicação de opiniões de especialistas em situações específicas

Controladores FUZZY

Dado o grande número de variáveis, controladores Fuzzy podem ser muito bem aplicados para tarefas como a anteriormente descrita, que estão arraigadas fortemente à intuição e experiência humana, e cujas regras descartam os métodos tradicionais de controle. Os sistemas Fuzzy de inferência (*FISs - Fuzzy Inference Systems*) fornecem uma aproximação alternativa ao projeto de controladores. Há uma rica literatura disponível sobre controladores Fuzzy aplicados aos processos industriais, mas somente recentemente o tema recebeu uma maior atenção para o controle ambiental voltado a agricultura. Pesquisas sobre estufas de produção (MARTIN-CLOUAIER e KOVATS, 1993; CHAO et al., 1998) foram publicados, e com a base adquirida de conhecimento basearam os sistemas conhecidos por *knowledge based systems* (KBSs) que foram recomendados para o foco das pesquisas (USDA, 1999) algumas atividades foram desenvolvidas em sistemas de controle ambiental para animais domésticos (GATES et al., 1997). Um controlador Fuzzy é especialmente bem indicado para o projeto intuitivo de sistemas

caracterizadas por incertezas e pequena quantidade de dados.

(MATHWORKS, 1998), como encontrado em pequenas criações de porcos com os ventiladores de velocidade variável, ou nas estufas com as válvulas proporcionais para sistemas de aquecimento. Entretanto, podem também prontamente ser adotados aos sistemas de ventilação em estágios (GATES et al, 1998). Uma característica principal é sua habilidade de incorporar as inferências de peritos sobre como o sistema deve se comportar, e de quantificar o raciocínio intuitivo.

A efetividade do uso da Lógica Fuzzy para a certificação do estado e diagnose preventiva por meio do uso de um sistema especialista para auxiliar na redução das perdas econômicas do processo é uma questão natural. A resposta tem dois aspectos: primeiro que a Lógica Fuzzy é bem aplicada para a previsão/controle de processos em sistemas não lineares ou de difícil entendimento para a construção do projeto convencional, e em segundo lugar, ela permite a implementação sistemática de estratégias utilizadas por operadores e dados de especialistas.

Modelagem e Construção do Sistema Especialista

A modelagem de mundo real é uma técnica que permite modelar o mundo como ele realmente é identificando classes correspondentes a qualquer entidade no mundo real que possa ser facilmente observada. Desta

maneira, a modelagem de mundo real é utilizada usualmente para construir modelos iniciais nos primeiros estágios da fase correspondente à análise de requisitos do sistema em desenvolvimento.

A Unified Modeling Language (UML)

Muitos autores afirmam que a orientação a objetos permite

naturalmente e intuitivamente que se modele o mundo real. BORGUIDA et al.(1985) dizem:

“ A principal vantagem dos frameworks orientados a objetos é que eles tornam possível estabelecer uma direta e natural correspondência entre o mundo e seus modelos”. MARTIN e ODELLI (1992) dizem “Os modelos que construímos em análise OO refletem a realidade mais naturalmente do que os modelos aplicados à análise tradicional”.

MC GINNES (1992) reforçando, diz que:

“A metodologia orientada a objeto é largamente descrita como natural e intuitiva porque é focada na representação do domínio da aplicação mais proximamente que as maneiras convencionais para a estruturação dos sistemas de informação”.

Baseado nestas afirmações, a representação do mundo real como um *framework* da orientação a objetos parece ser aceita.

O advento da UML permitiu a continuidade e maior aceitação da tecnologia de orientação a objetos. A UML é uma linguagem visual de modelagem, composta de notações e componentes textuais para expressar o projeto de sistemas orientados a objetos (FOWLER e SCOTT, 2004).

Durante os anos 1990, os métodos de orientação a objetos eram confusos. Em 1994, existiam muitas linguagens e metodologias conceituais de modelagem no mercado. O ímpeto pela UML unificou as melhores práticas do mais forte destes métodos. Por fim, três métodos emergiram como os *players* primários: O método OOD (*Object-Oriented Design* ou Projeto Orientado a Objetos) de BOOCH

(1994), a técnica de modelagem a objetos ou *Object Modeling Technique* (OMT) de (RUMBAUGH, 1991), e OOSE (*Object-Oriented Software Engineering* ou Engenharia de Software Orientada a Objetos) de JACOBSON (1992).

Elementos de cada um desses métodos formaram o coração da UML, e os autores primários permanecem trabalhando na especificação e desenvolvimento da UML, com a participação de muitos outros autores, sob a tutela do *Object Management Group* (OMG, 1999).

O sistema especialista em questão foi definido nos mesmos termos expostos por BARR e FEIGENBAUM (1981) como sendo “um programa de computador inteligente que utiliza de conhecimento e procedimentos de inferência para resolver problemas que são suficientemente difíceis para necessitar de conhecimento humano para a sua solução” e nos termos de GIARRATANO (1998), que complementa com a indicação de que “sistema especialista é um programa inteligente de computador que usa conhecimento e procedimento de inferência para resolver problemas que requerem significativa especialidade humana para resolvê-los”.

A aplicação deste sistema na área de medicina veterinária segue as mesmas bases apresentadas por grande número de projetos conforme informado na literatura (VOZ et al., 1990; REVIE et al., 1994; NIELSEN et al., 1994; ENEVOLDSEN et al., 1995; GU et al., 1999).

Como a diagnose clínica da laminite é complicada devido a determinados sinais clínicos onde a patologia pode expressar-se de diferentes formas em diferentes

animais numa população infectada temos, que a diagnose das patologias não é bem tratada pela lógica binária. Da mesma forma, verificou-se que o exame de sinais presentes nos animais, apresenta-se como um importante procedimento na diagnose da patologia nas populações de indivíduos, sujeitos ao clima tropical e confinados, é um conhecimento subjetivo e não totalmente documentado baseado em procedimentos escassos e confinados aos especialistas com muitos anos de experiência, o sistema desenvolvido foi tratado no tocante a gerar os procedimentos de modo a capturar, conservar e disseminar este valioso conhecimento dos especialistas.

Por este motivo, o algoritmo motor do sistema especialista a ser desenvolvido baseia-se no controle Fuzzy, proposto inicialmente por Sedrak Assilian e Ebrahim Mamdani, em Londres, no Reino Unido, (ASSILIAN e MAMDANI, 1974), e com as relações Fuzzy que foram introduzidas por ZADEH (1973) e nas Ciências Médicas por SANCHEZ (1974) e SANCHEZ (1976).

A teoria dos conjuntos nebulosos, ou conjuntos difusos, que ZADEH (1965) desenvolveu, e que é uma generalização da teoria dos conjuntos tradicional e provê a forma para que se representem as imprecisões e elementos vagos encontrados nos procedimentos e observações dos especialistas desta

METODOLOGIA

A Elicitação do conhecimento, processo que foi o que norteou o conjunto de procedimentos indicados por Garcia et al., (2005), para a interação do Médico Veterinário Victor Ricardo Ciaco de Carvalho,

área de conhecimento que engloba o domínio da patologia em questão. O motor de Inferência é o núcleo ou “kernel” do sistema é baseado em regras do tipo SE-ENTÃO para inferir uma saída de diagnóstico com o uso de um método de raciocínio Fuzzy como recomenda YAGER (1984) na literatura.

O sistema de inferência Fuzzy que se propõe aplicar ao sistema é o método de Mamdani (MAMDANI e ASSILIAN, 1975).

BUCHANAN, 1984, afirma que a transferência e transformação das habilidades de resolver o problema da detecção da patologia, que demanda a consistente aquisição de conhecimento de muitas origens do conhecimento dos especialistas para o programa, e este conhecimento que representa estas informações deve ser disposto na forma de regras, do tipo Se-Então. Cada uma das regras será utilizada para realizar operações nos dados fornecidos e ajudam a inferir de forma a encontrar a conclusão apropriada para o diagnóstico final a ser fornecido ao usuário, que receberá elementos para a implementação em seu plantel de uma metodologia de solução, para suportar as suas decisões.

Com o intuito de abstrair este conhecimento tácito dos especialistas e suas nuances subjetivas, optou-se pela aplicação de uma consistente análise com a modelagem proposta para o sistema especialista.

especialista da Universidade da Florida, e o Engenheiro de Conhecimento (Autor). Esta interação foi a base de construção da modelagem do sistema especialista que seguiu o processo estendido

apresentado na Figura 1, que foi adaptada de TURBAN e ARONSON, 2001.

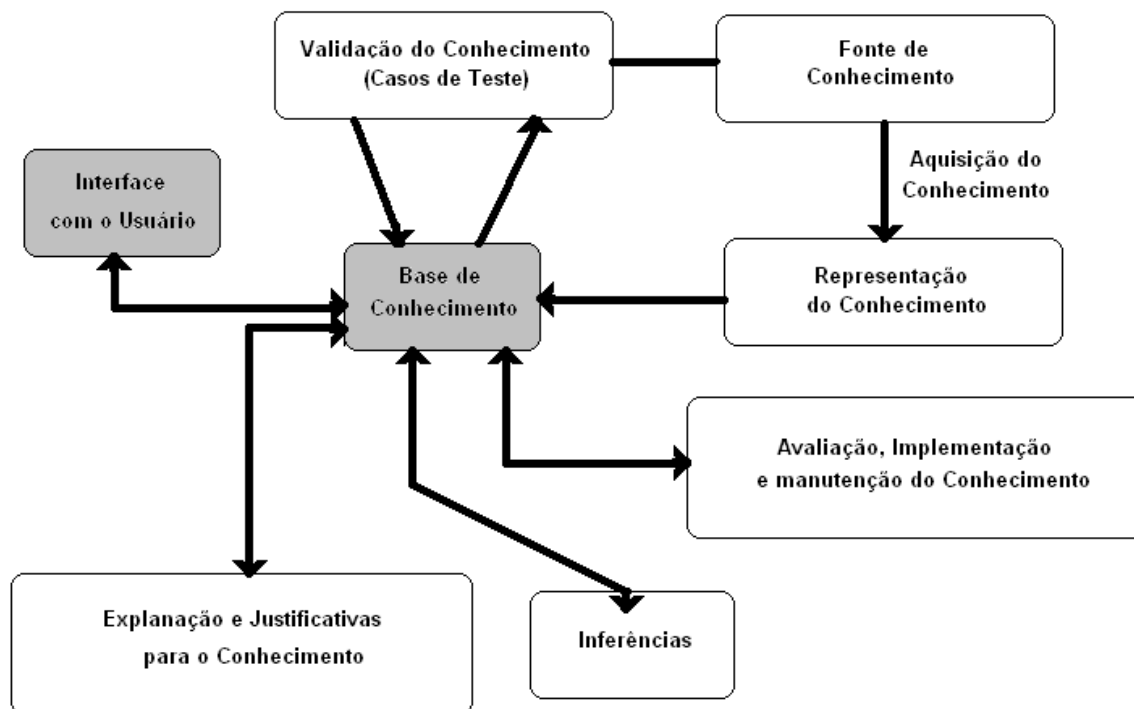


Figura 1: Processo estendido de aquisição de conhecimento (Adaptado de TURBAN e ARONSON, 2001)

Análise e modelagem do Sistema Especialista

Este procedimento permitiu a transferência e transformação dos dados e informações das habilidades dos especialistas em detectar e modelar o problema, e da origem deste mesmo conhecimento para o programa exatamente como descreve BUCHANAN, (1984).

Esta etapa teve o intuito de apresentar a especificação, e conseguir que se determinassem com exatidão os requisitos, para o sistema computacional para diagnóstico preventivo de patologia de casco em bovinos de leite, evitando assim o retrabalho no andamento do projeto o que permitiu atingir maior acuidade nos resultados finais.

Este trabalho baseou-se nos critérios de engenharia do

conhecimento obtidos de GIARRATANO, (1998), BUCHANAN, (1984), HART, (1992), KIDD, (1987), PEARL, (1984), BARRETO, (1997) e, BITTENCOURT, (1998) e forneceu a base para o desenvolvimento da modelagem do sistema especialista.

A modelagem de mundo real foi utilizada para construir modelos nos primeiros estágios da fase correspondente à análise de requisitos do sistema em desenvolvimento, baseados nos fundamentos obtidos de BOOCH (1994), (RUMBAUGH, 1991), JACOBSON (1992) e (OMG, 1999).

Os procedimentos utilizados para a modelagem foram os propostos por MERLO e GIRARD, 2004, o modelo GRAI, baseado na teoria dos sistemas, a teoria hierárquica e a teoria

da atividade. Isto subdividiu o sistema em três:

- A abertura do sistema com a conversão das entidades de entrada para entidades de saída;
- O sistema de tomada de decisão com controles para a conversão de uma entidade para outra;
- O sistema de informação que interliga o sistema operacional e o sistema de tomada de decisão, inclusive suportando interfaces com o meio-ambiente de domínio da aplicação.

O objetivo do uso do método GRAI de engenharia neste projeto foi aperfeiçoar o processo de desenvolvimento do produto. O método consiste de um modelo conceitual (o modelo GRAI), formalismo gráfico e estruturação genérica. O modelo conceitual e a estrutura genérica são apresentados e o formalismo gráfico será detalhado. Para melhorar o entendimento do projeto do sistema uma forma sistêmica é proposta.

O modelo GRAI (DOUMEINGTS et al., 1996, EYNARD et al., 1999) decompõem o projeto do sistema especialista em três subsistemas (Figura 2). O sistema tecnológico foi composto por pessoas, *know-how*, máquinas, aplicativos de software e fluxo de informações interligando o conhecimento de processo e produto. O sistema tecnológico converte o fluxo de informações suportando a definição de processo de conhecimento do produto baseado nos requisitos e definição do processo de desenvolvimento do produto. A tomada de decisão do sistema corresponde ao gerenciamento das ordens que são enviadas ao sistema tecnológico.

O sistema de informação foi projetado para trocar, processar e armazenar as informações requeridas entre o sistema de tomada de decisões e o sistema tecnológico. Suporta também a capitalização do conhecimento para subsequente reuso.

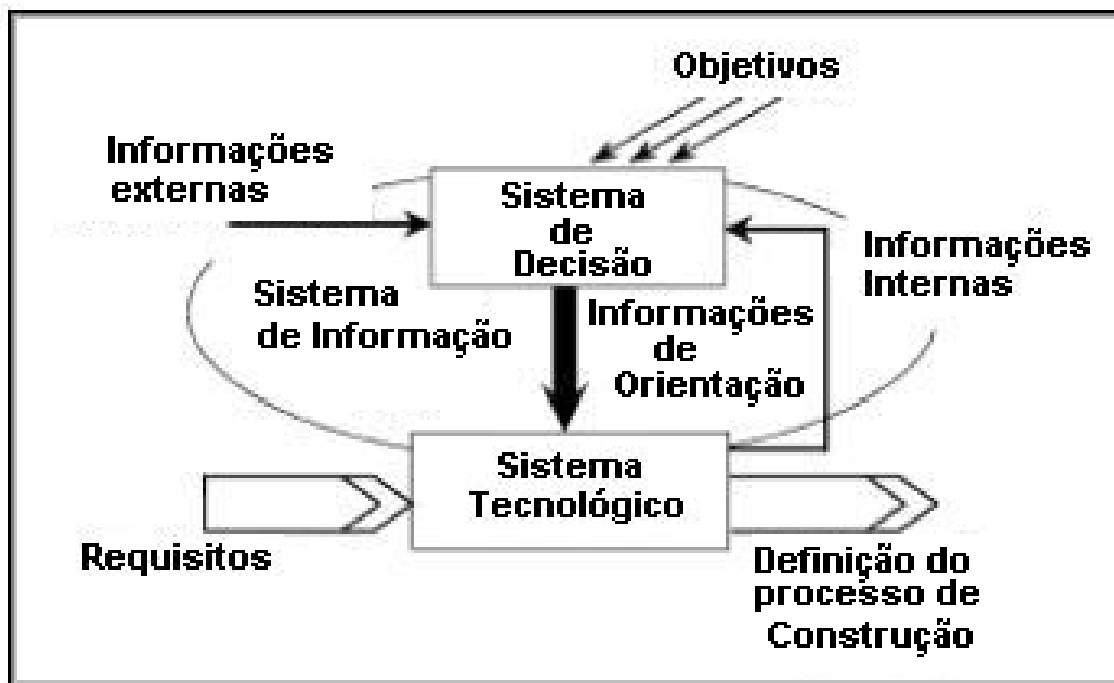


Figura 2: O modelo GRAI de engenharia (DOUMEINGTS et al., 1996, EYNARD et al., 1999).

A abordagem estruturada é composta por três fases principais (Figura 3):

- A fase de inicialização consiste de um primeiro contato com as informações coletadas, a definição e objetivos alcançados e o escopo de estudo, planejamento de estudo,

definição dos diferentes grupos e atores envolvidos no estudo.

- A fase de modelagem encaminha ao estabelecimento do diagnóstico do comportamento necessário ao sistema.

- As especificações do sistema especialista de informações.

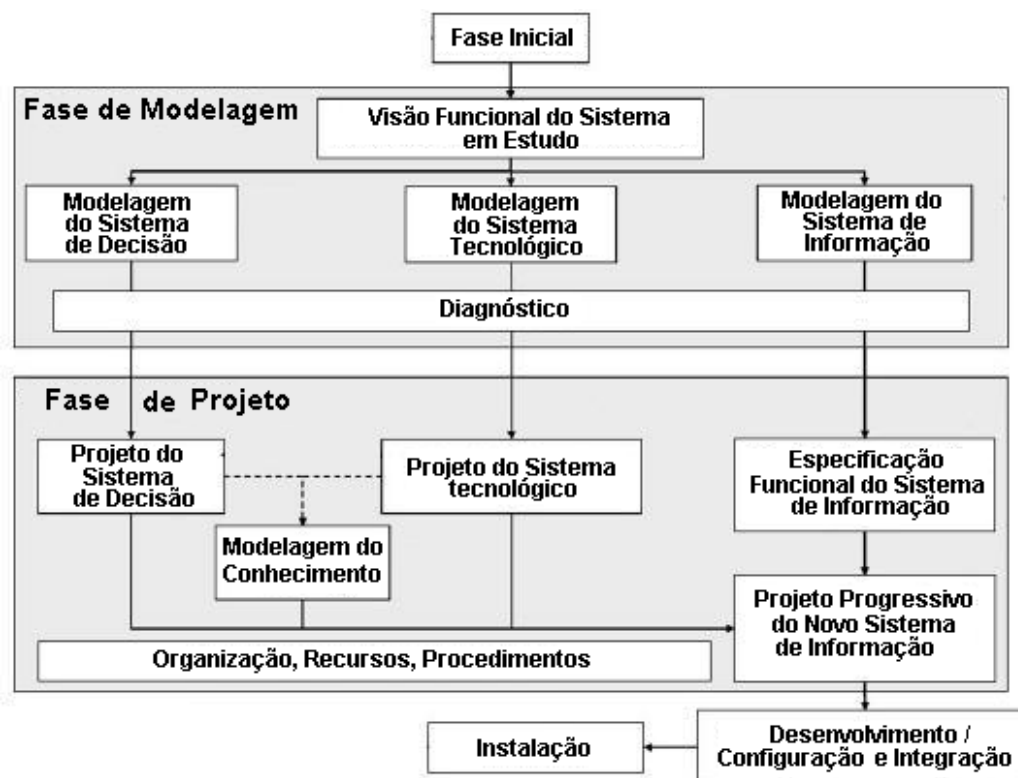


Figura 3: A abordagem estruturada (DOUMEINGTS et al., 1996, EYNARD et al., 1999).

A fase de modelagem foi dividida nas seguintes etapas:

- A representação da visão funcional do sistema em estudo.
- A modelagem do sistema de decisão.
- A modelagem do sistema tecnológico.
- A modelagem do sistema especialista de informação utilizando um método genérico de orientação a objeto.

A fase de projeto foi baseada em:

- Modelagem do novo sistema de decisão utilizando a estrutura GRAI R&D (GIRARD e DOUMEINGTS, 2004) e a

modelagem dos centros de tomada de decisão.

- A modelagem do novo sistema tecnológico baseado em formalismo.
- A modelagem do conhecimento necessário à tomada de decisões.
- A especificação do sistema especialista de informações baseada no modelo de conhecimento.

A análise do sistema estudado, para entendimento de sua real estrutura, foi baseada no conhecimento obtido de Especialistas. Isto permitiu desenhar o processo de gerenciamento do processo, nível 1 (Figura 4), e o processo de gerenciamento dos dados do produto, nível 1 (Figura 5).

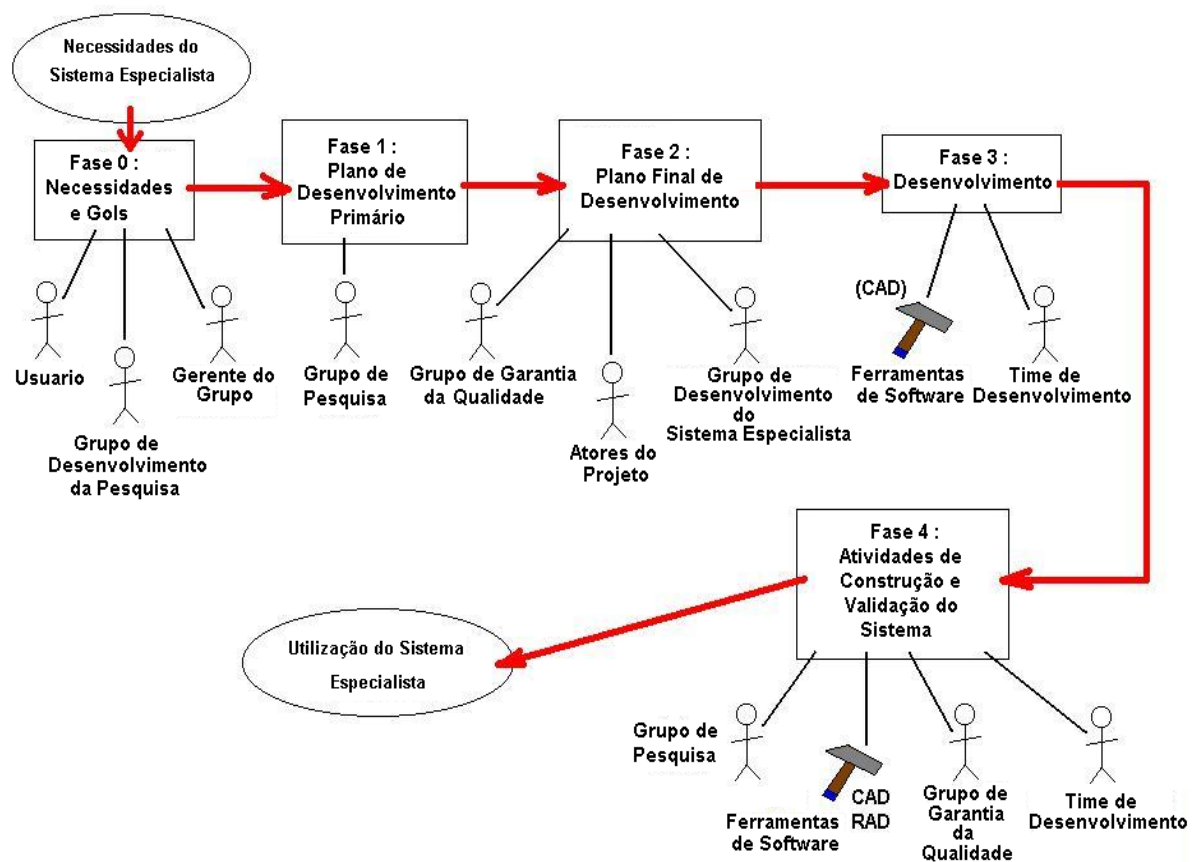


Figura 4: O gerenciamento do processo, nível 1 (GIRARD e DOUMEINGTS, 2004).

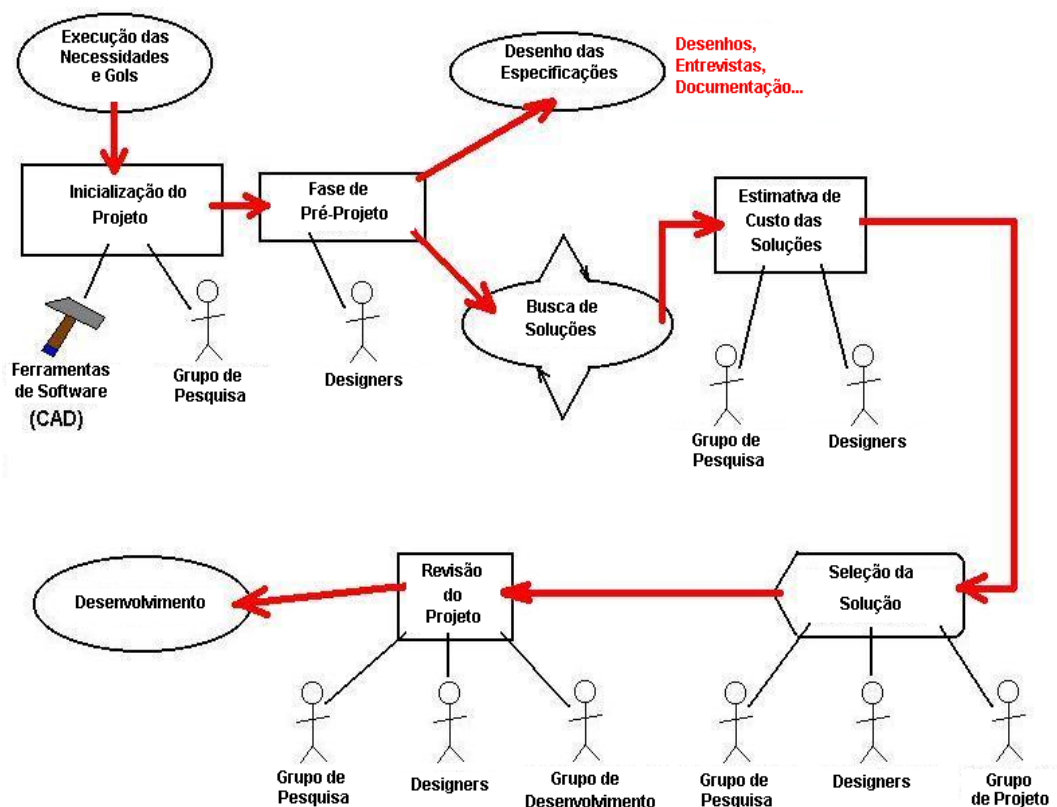


Figura 5: O processo de gerenciamento dos dados do produto, nível 1 (GIRARD e DOUMEINGTS, 2004).

O processo de gerenciamento dos dados do produto descreve a maneira de satisfazer os requisitos. Ele representa os diferentes passos da transformação do conhecimento do produto para definir soluções. Durante a fase de projeto, os sistemas de tomada de decisão e do sistema tecnológicos são primeiramente definidos.

O modelo de conhecimento foi definido após os anteriores de forma a levar em consideração as informações identificadas nestes modelos. Portanto para definir o sistema especialista de informação foi necessário analisar o as necessidades dos atores.

A análise do sistema especialista de informações mostra como os modelos GRAI são utilizados

para realizar os primeiros diagramas da UML.

O objetivo nesta etapa da pesquisa foi definir a arquitetura do sistema especialista de informação utilizando a tecnologia de modelagem com a UML. Os diferentes modelos estabelecidos durante a fase de projeto foram considerados como a visão que fornece os requisitos para as especificações de um sistema especialista de informações com suporte às atividades dos atores participantes. O sistema especialista de informação foi definido como colaborativo e um sistema de informações distribuídas (KIM et al., 2001).

Uma abordagem orientada a objetos baseada em UML (BOOCH,

1994) é proposta de forma a representar os aspectos estáticos e dinâmicos do sistema especialista de informações e facilitar a sua evolução durante os diversos momentos que o

caracterizam. É baseado no *Rational Unified Process* (RUP) (QUATRANI, 2000) em sua fase de elaboração e é customizado (Figura 6) de forma a identificar os componentes do sistema.

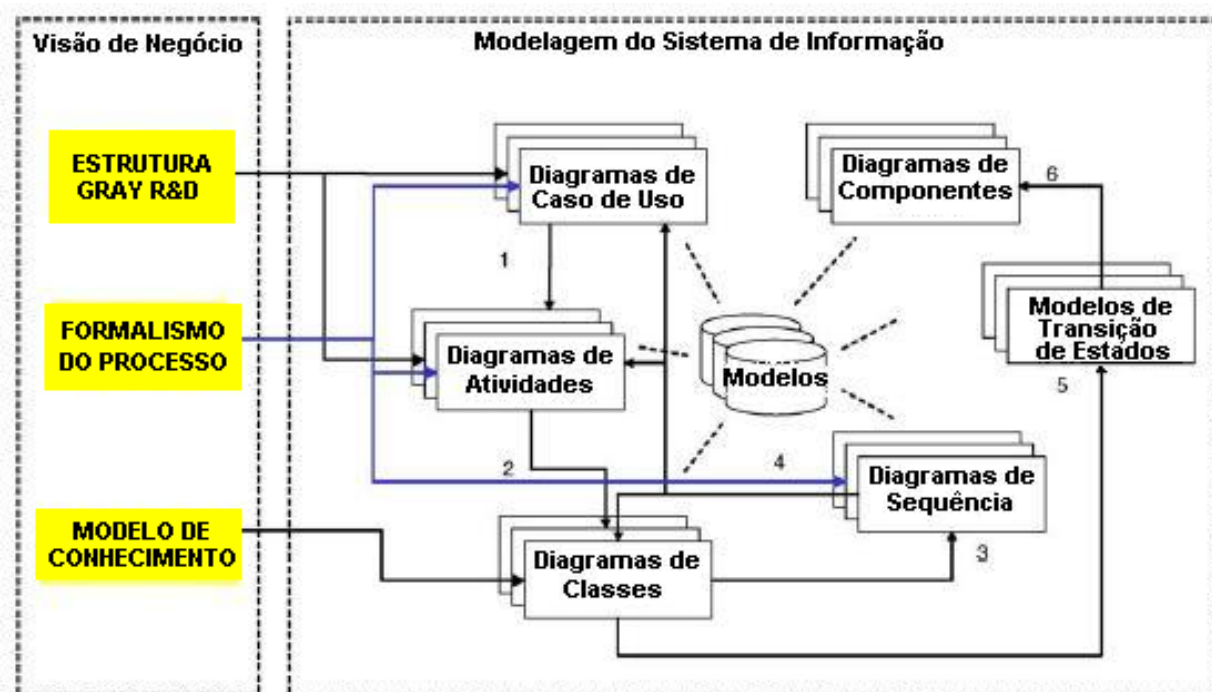


Figura 6: A abordagem da UML aplicada (QUATRANI, 2000).

A abordagem foi dividida em alguns passos. Os primeiros passos são caracterizados por uma forte correlação entre a “visão de negócio” e

a definição dos diagramas da UML (KIM et al., 2003). Um primeiro diagrama de caso de uso global foi estabelecido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise das atividades dos atores os dos modelos de decisão do sistema e do sistema tecnológico são usados para detalhar os diagramas de caso de uso e diagramas de atividades (passo 1). Estes diagramas representam os pontos de vista dos atores usuários introduzindo as necessidades funcionais do sistema especialista de informações. O modelo de conhecimento estabelecido durante a

fase de projeto e da abordagem do método GRAI de engenharia é convertido em diagramas de classes (passo 2) de forma a definir as especificações das informações a serem gerenciadas pelo sistema especialista de informações.

Neste estágio, os modelos GRAY foram utilizados para gerar a análise externa do sistema especialista de informações. Iniciou-se uma fase mais detalhada de maneira a

estabelecer especificações completas e para propor uma arquitetura genérica das informações colaborativas do sistema especialista de informações.

Diagramas de seqüência (passo 3) são estudados de maneira a representar diferentes cenários e para identificar as classes e métodos internos do sistema especialista de informação.

Todos os diagramas prévios são revisados e complementados especialmente para sincronizar classes prévias com as novas identificadas (passo 4).

Completos e consolidados diagramas são gerados e

iterativamente reavaliados. Então para completar a especificação são definidos os diagramas de transição de estados.

Após as especificações foi definida a arquitetura global do sistema especialista de informações utilizando diagramas de componentes e escolhas tecnológicas (passo 6).

O diagrama de casos de uso global (Figura 7) identifica a realização, controle e diagnóstico, completeza dos objetivos do projeto, controle da geração de informações e também a capitalização do conhecimento procurado.

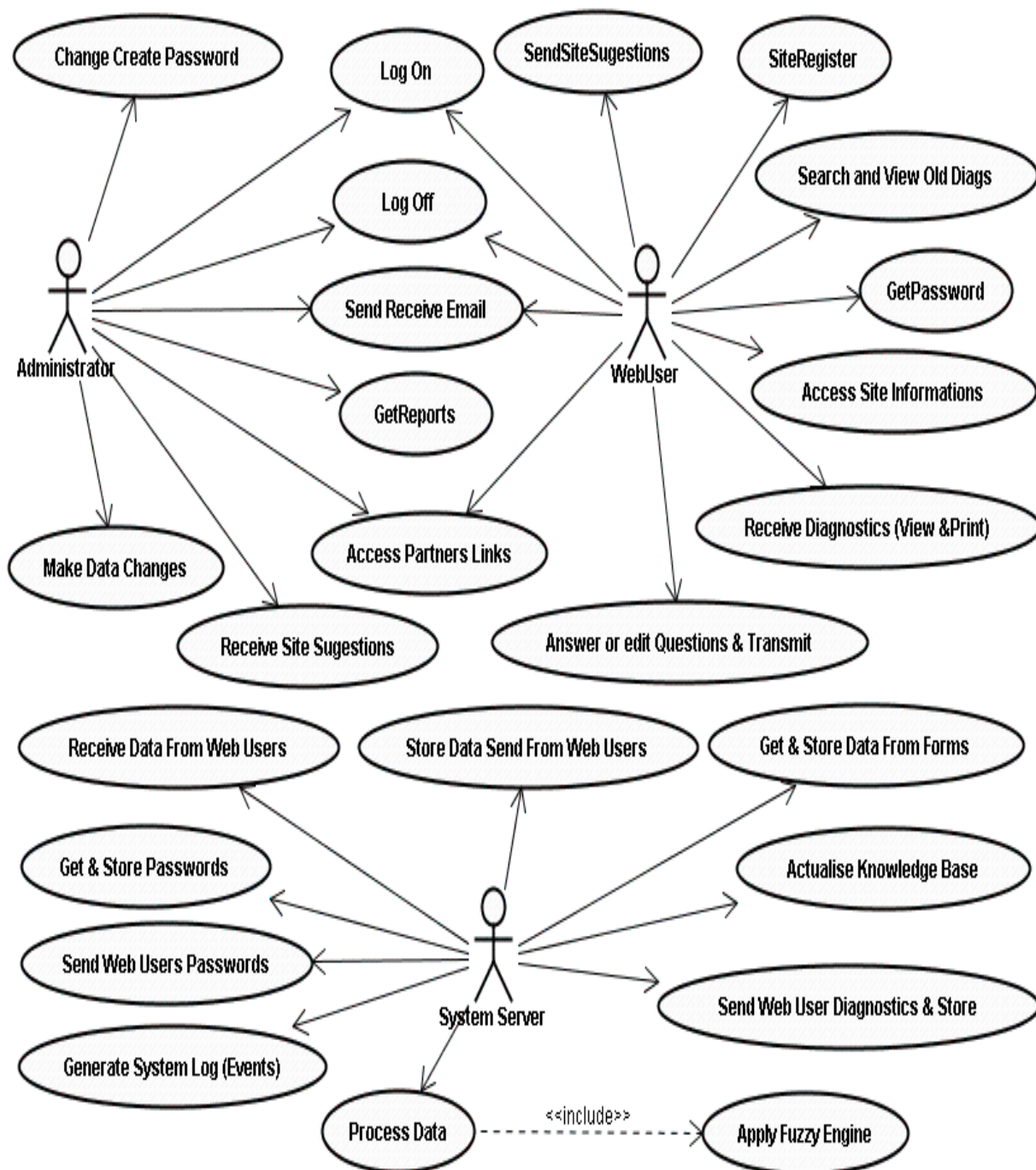


Figura 7: Diagrama de caso de uso global.

A Figura 8 detalha e ilustra o procedimento global para gerenciar o projeto.

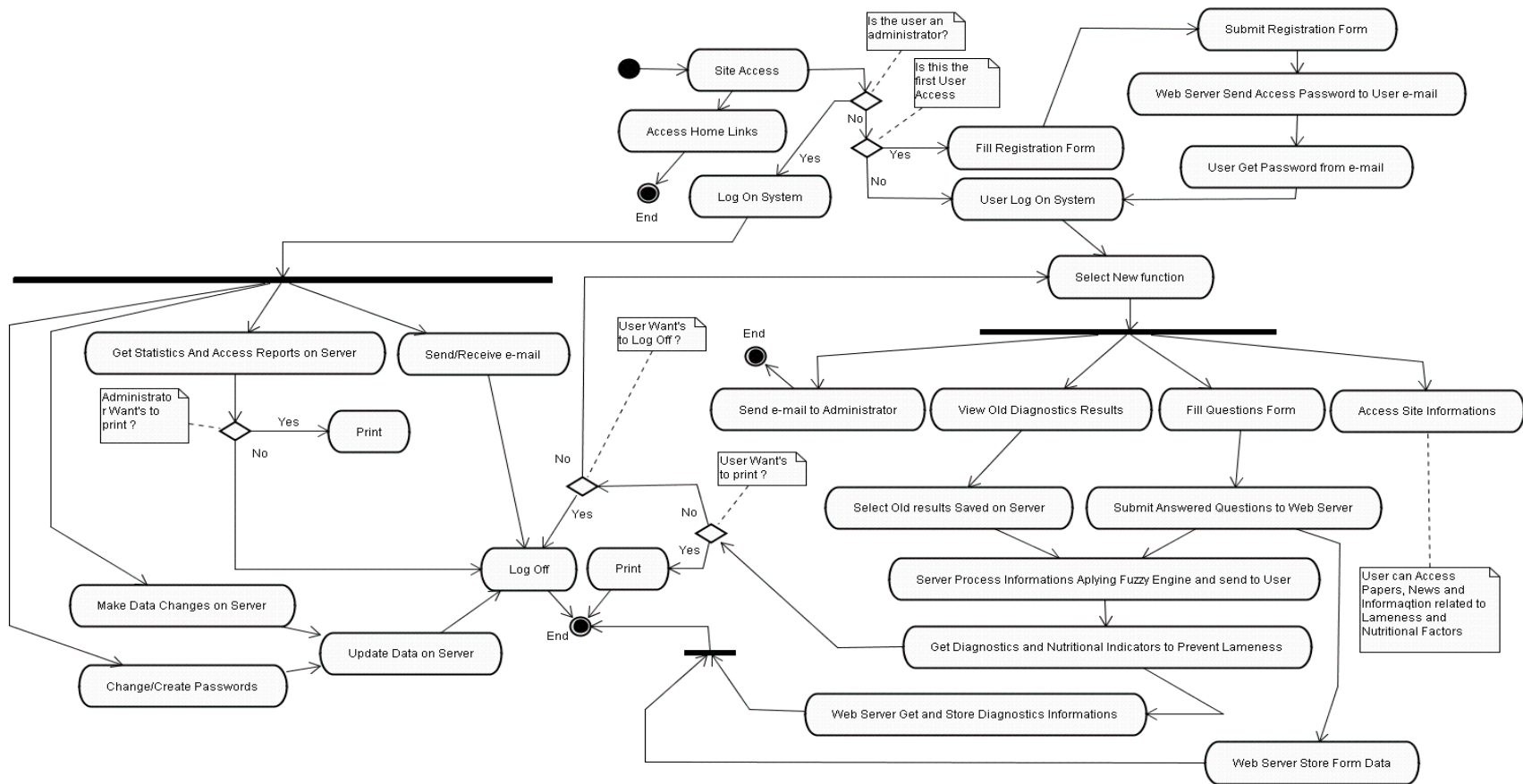


Figura 8: Diagrama de atividades de primeiro nível.

A Figura 9 ilustra as classes de objetos essenciais sintetizadas do modelo de conhecimento.

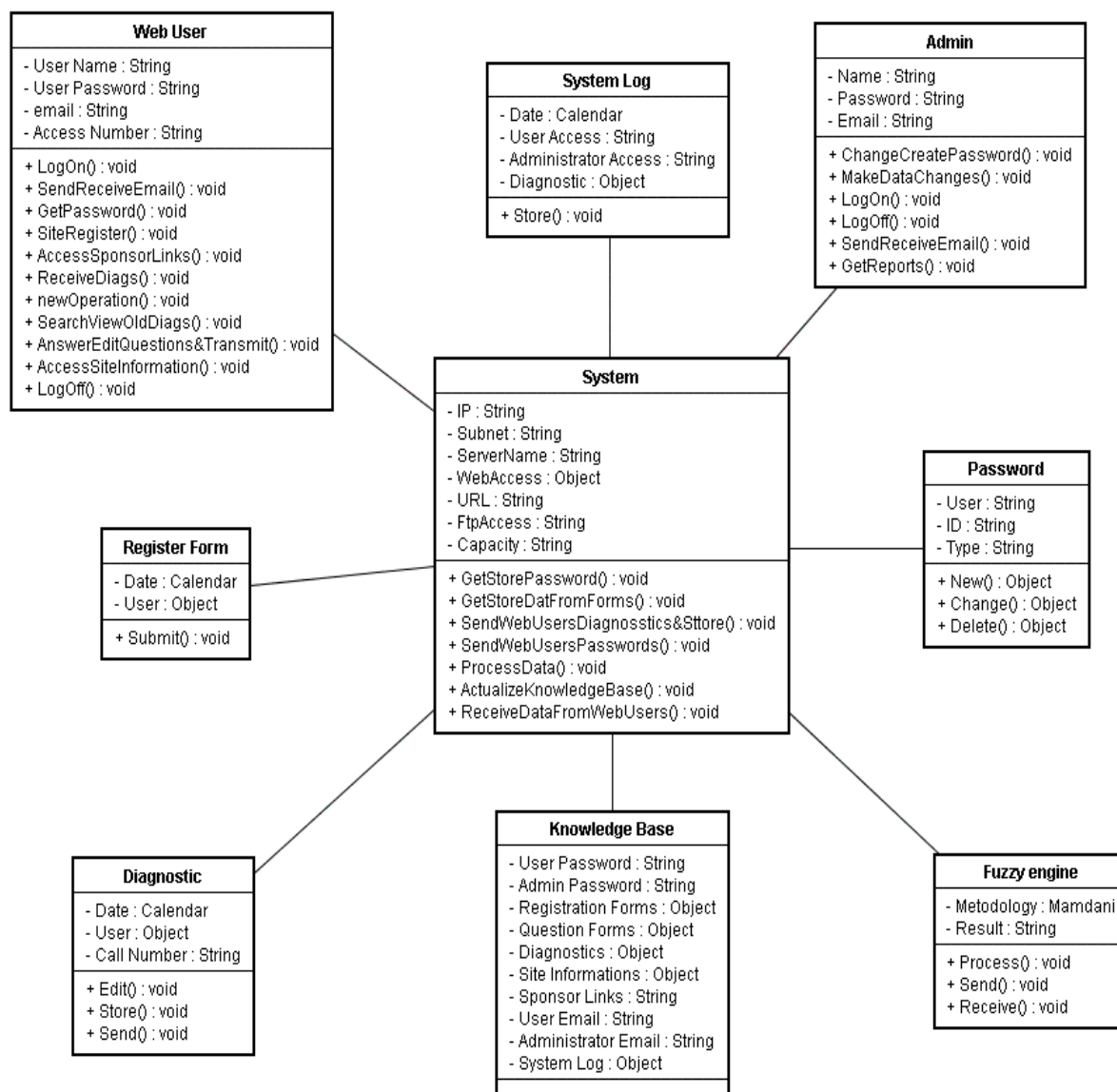


Figura 9: Diagrama de Classe de objetos Global.

A Figura 10 apresenta o diagrama de seqüência. Este diagrama introduz classes que não foram identificadas durante a modelagem do conhecimento. Estas classes devem manipular a comunicação e sincronizar

funções colaborativas, assim como as comunicações entre os atores. Estas classes são necessárias para o funcionamento do sistema especialista de informações.

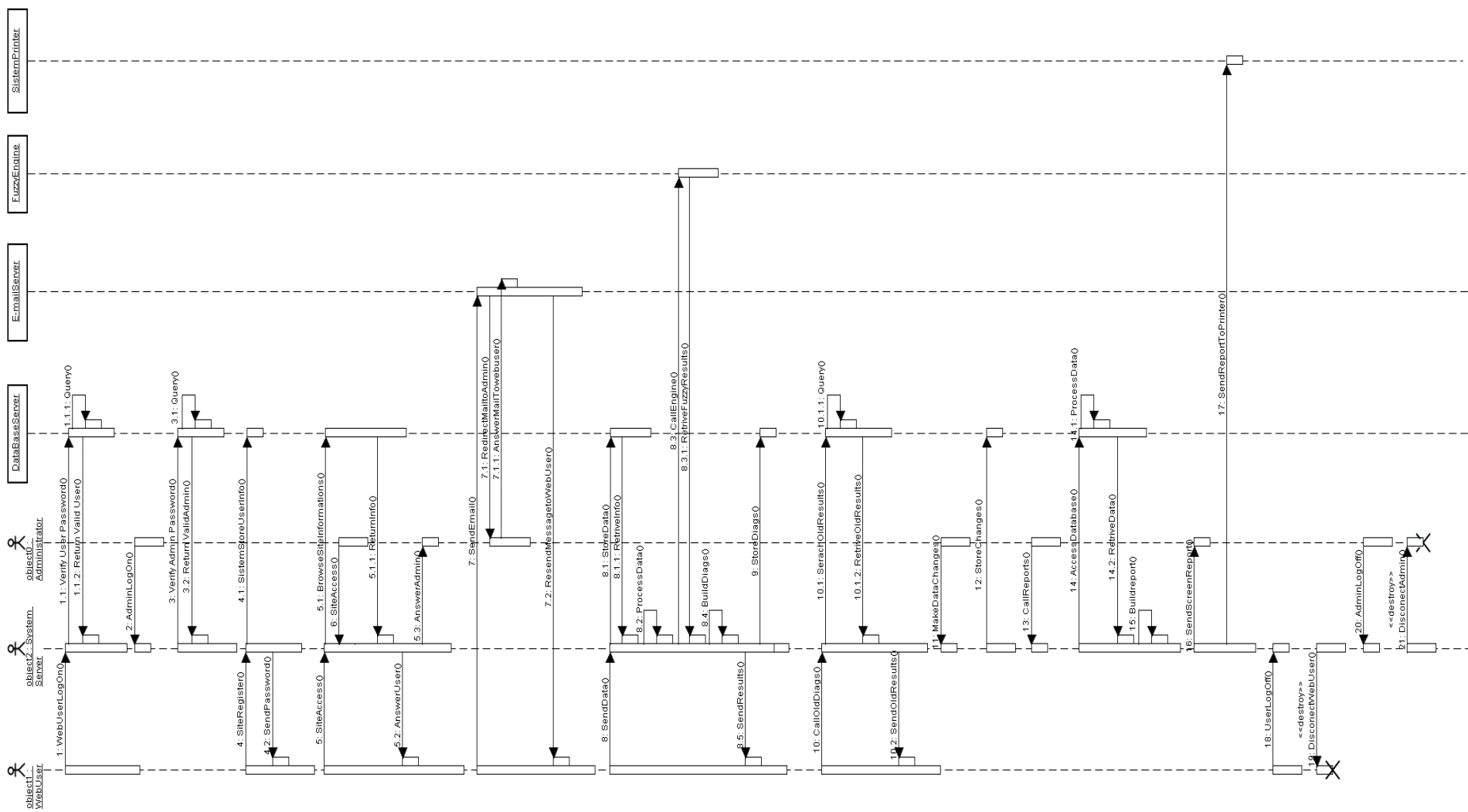


Figura 10: Diagrama de seqüência.

Então o diagrama de estados e transições foi estabelecido para fornecer a visão dinâmica do comportamento do sistema (Figura 11).

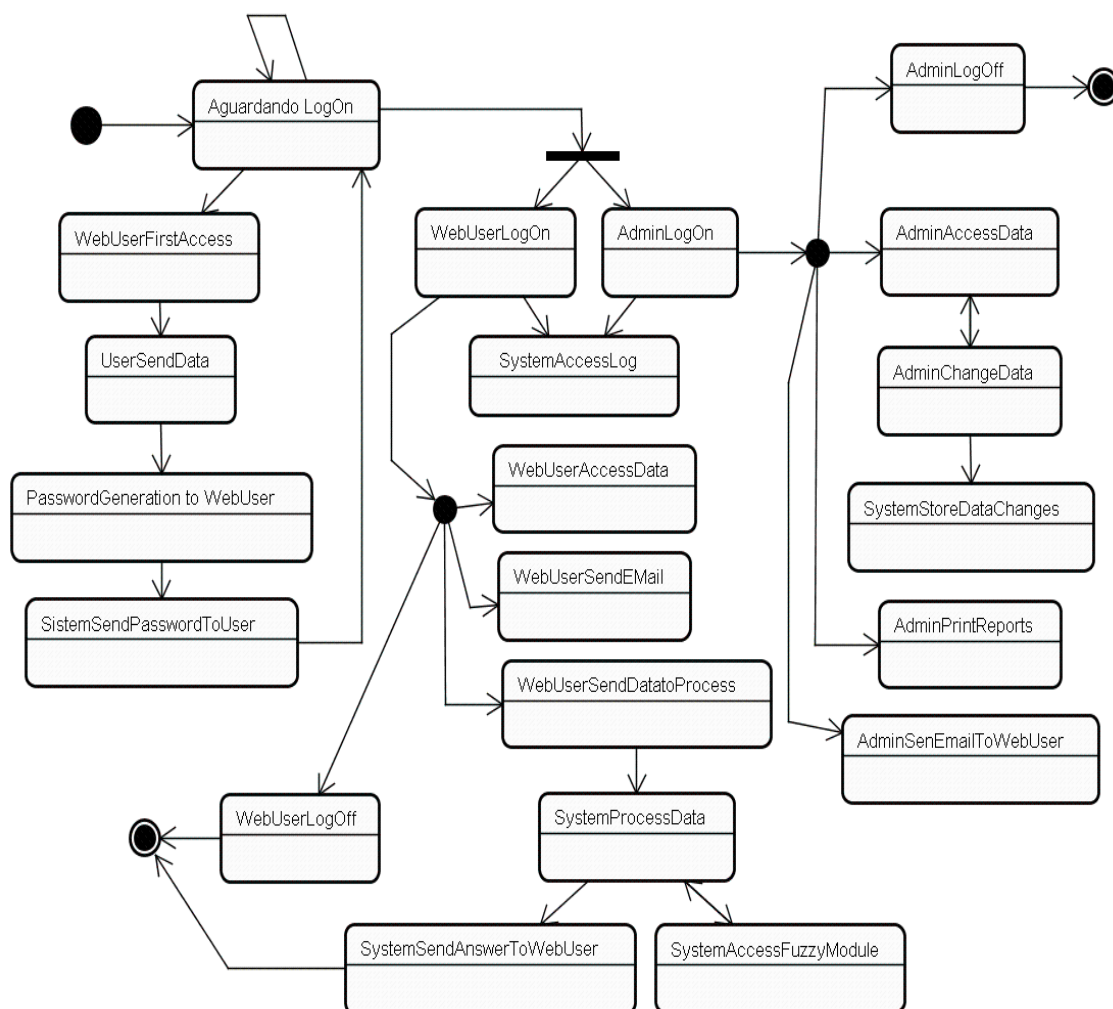


Figura 11: Diagrama de transição de estados.

O trabalho anterior levou à definição do diagrama global de componentes (Figura 12) pela identificação dos principais componentes do sistema especialista de informações proposto. Todos estes componentes estão interagindo uns

com os outros e tem interfaces homem-máquina específicas.

O diagrama de implementação que apresentou as características da futura instalação física do sistema especialista em seu ambiente de produção pode ser visto na Figura 13.

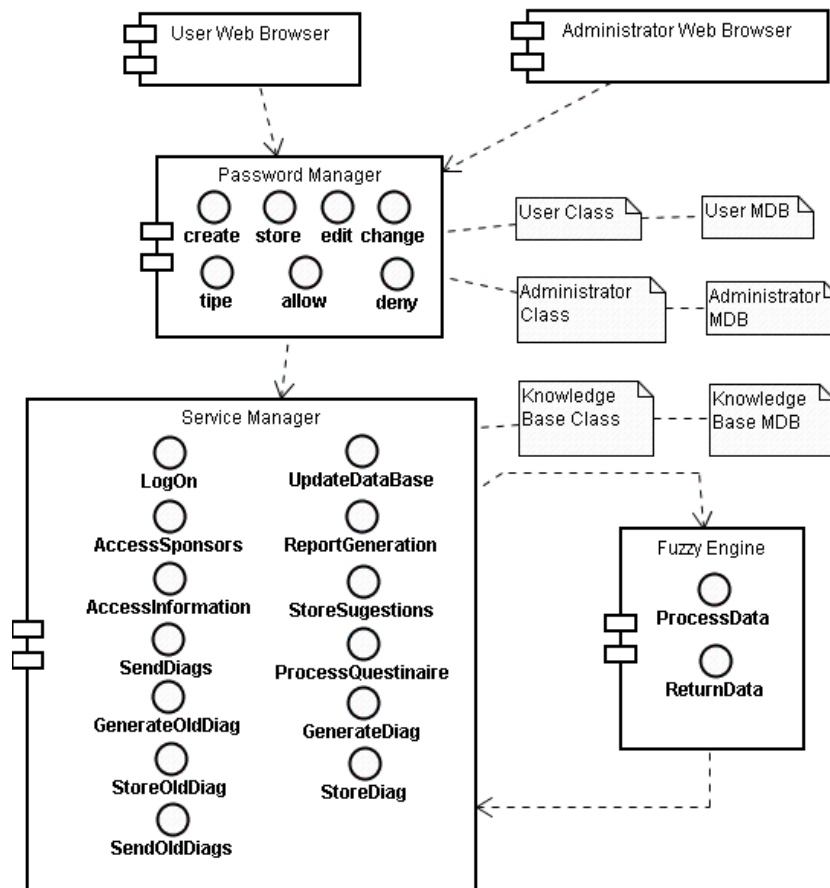


Figura 12: Diagrama de componentes.

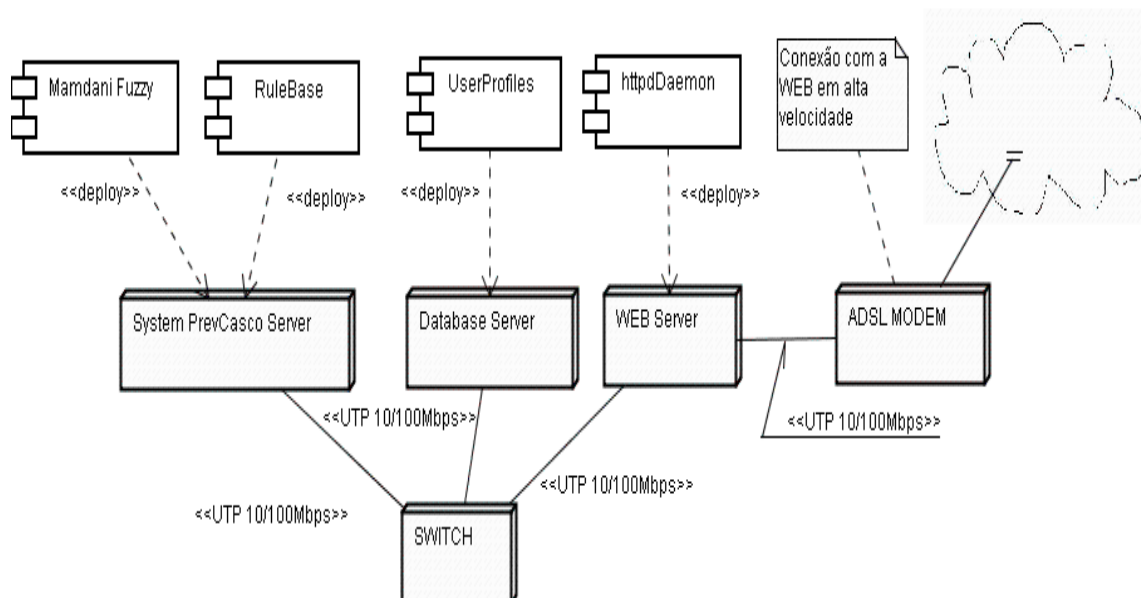


Figura 13: Diagrama de implementação do sistema especialista.

Esta modelagem complementou e aprimorou os resultados obtidos por MOLLO, CARVALHO e NÃÃS (2005), onde se

aplicaram os fundamentos do modelo GRAY proposto por (MERLO E GIRARD, 2004) para uma das modelagens iniciais do sistema especialista objeto deste trabalho.

Como foi possível observar, com o refinamento da modelagem, o diagrama de casos de uso global apresentado na nova versão, identificou a realização, controle e diagnóstico, os objetivos do projeto, controle da geração de informações e também a capitalização do conhecimento procurado para a transferência e automatização com maior clareza.

Muitos níveis de detalhes dos diagramas de caso de uso foram baseados no aprimoramento dos estudos das atividades dos atores de onde se obteve o novo procedimento global para gerenciar o projeto. Após a nova análise da visão externa do sistema especialista de informações, iniciou-se a re-análise do gerenciamento do conhecimento com a síntese das classes essenciais e novas classes sendo adicionadas a estas, sintetizadas do modelo de conhecimento revisado. Após esta parte da especificação, modelos sintetizados do modelo GRAI de engenharia (MERLO E GIRARD, 2004) representando a “visão de negócio” foram transformados e revisados para a geração dos novos diagramas da

CONCLUSÕES

Com base no método proposto, foi possível modelar, utilizando a UML, um sistema especialista para diagnóstico preventivo de patologia de casco em gado de leite confinado em *freestall*, abstraindo dados e informações dos especialistas. As informações coletadas e transferidas para o ambiente computacional

UML. Estes passos permitiram especificar definitivamente o sistema especialista de informações proposto e sua arquitetura final.

Os primeiros diagramas de caso de uso e atividades foram reavaliados e detalhados para gerar o diagrama de seqüência final. Isto permitiu definir as novas classes envolvidas na realização das funcionalidades do sistema especialista de informações. Este diagrama introduziu classes que não foram identificadas durante a modelagem inicial do conhecimento. Para cada uma das classes as atividades prévias e os diagramas de seqüência são re-analisados para identificar seu ciclo de vida atualizado: Suas transformações e seus diferentes estados. Então o novo diagrama de estados e transições foi estabelecido para fornecer a visão dinâmica do comportamento do sistema proposto. O trabalho anterior levou à definição do diagrama global de componentes pela identificação dos principais componentes do sistema especialista de informações proposto.

O projeto da arquitetura do sistema especialista de informações proposto com a sua modelagem completa encerra-se neste estágio dando espaço para a definição de como o sistema será implementado na seqüência.

permitirão determinar automaticamente os cenários de resposta do sistema para condições extremas de ambiente térmico (estresse) e em condição de termoneutralidade e, este fornecerá ainda, além do diagnóstico, recomendações para ações mitigadoras, frente a dados obtidos dos produtores do setor pecuário leiteiro.

O uso deste sistema especialista a ser desenvolvido (codificado) a partir da modelagem obtida, poderá ser indicado, ao público alvo que contempla os médicos

veterinários, os proprietários de plantéis, tratadores, consultores, fabricantes de ração e projetistas/construtores de galpões para alojamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSILIAN, S., MAMDANI, E.: Learning Control Algorithms in Real Dynamic Systems. Proc. 4th International IFAC/IFIP Conference on Digital Computer Applications to Process Control, Zürich, March 1974.
- BARR, A., FEIGENBAUM, E.A.: Handbook of Artificial Intelligence. Pitman, London, 1981.
- BARRETO, J.M.: Inteligência Artificial no Limiar do Século XXI: ppp Edições, Florianópolis, 1997.
- BOOCH, G. Object-oriented Analysis and Design with Applications, 2 ed., Benjamin/Cummings, Redwood City, 1994.
- BORGUIDA, A., GREENSPAN, S., MYLOPOULUS, J., Knowledge representation as the basis for requirements specifications, IEEE Computer, 1985, 18 (4), 82-91.
- BUCHANAN, B.G.: Rule-Based Experts Systems. Addison Wesley Publishing Company Inc., USA, 1984.
- CHAO, K., R.S. GATES and R.G. ANDERSON. Knowledge-based control systems for single stem rose production-Part I: systems analysis and design. Trans ASAE, 41(4):1153-1161. 1998a.
- De BELIE, N., ROMBAUT, E. Characterisation of claw-floor contact pressures for standing cattle and the dependenci y on concrete roughness. Biosystems Engineering, 85(3), 339-346, 2003.
- DOUMEINGTS, G., GIRARD, P.H., EYNARD, B. GIM: GRAI integrated methodology for product development, in: G.Q. Huang (Ed.), Design for X: Concurrent Engineering Imperatives, Published in the Chapman & Halls Series on Design and Manufacture, 1996, pp. 153–172.
- EYNARD, B., GIRARD, P. H., DOUMEINGTS, G. Control of engineering processes through integration of design activities and product knowledge, in: Integration of Process Knowledge into Design Support Systems, CIRP International Design Seminar, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1999.
- ENEVOLDSEN, C., SORENSEN, J.T., THYSEN, I., GUARD, C., GROHN, Y.T.: A diagnostic and prognostic tool for epidemiological and economic analysis of dairy-heard health management. J. Dairy Sci., 1995, 78, pp. 974-961.
- FOWLER, M., SCOTT, K. UML Distilled Third Edition: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language, Addison-Wesley, Boston, 2004.
- GARCIA, A.C.B., VAREJÃO, F.M., FERRAZ, In Aquisição do Conhecimento, I em Sistemas Inteligentes Fundamentos e Aplicações, coordenadora Rezende, S.O, 2005.
- GATES, R.S., M.B. TIMMONS, D.G. OVERHULTS and R.W. BOTTCHEr. Fuzzy reasoning for environmental control during periods of heat stress. In: R.W. Bottcher and S.J. Hoff, (Editors), Livestock Environment V, Vol

- I, ASAE, St. Joseph, MI 49085, 1997, pp. 553-562.
- GATES, R.S., K. CHAO and N. SGRIMIS. Design parameters for fuzzy-based control of agricultural ventilation systems. In: Control Applications and Ergonomics in Agriculture, First Workshop on Intelligent Control for Agricultural Application. International Federation of Automatic Control, IFAC Publications, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK. 1998, pp 137-142.
- GIARRATANO, J.C., RILEY, G.: Expert Systems: Principles and Programing. ITP, 2nd ed., USA, 1998.
- GIRARD, G. DOUMEINGTS, Modelling of the engineering design system to improve performance, Computers & Industrial Engineering 46 (1), 2004, 43–67.
- GU, Y., GETTINBY, G., MCKENDRICK, I., MURRAY, M., PEREGRINE, A., REVIE, C.: Development of a decision support system for trypanocidal drug control of bovine trypanosomosis in Africa. Vet. Parasitol., 1999, 87, pp. 9-23.
- HART, A. Knowledge Acquisition for expert systems. McGraw-Hill, N.Y.-USA, 1992
- KIDD, A.L. Knowledge acquisition for expert Systems. Plenum Press, N.Y.-USA, 1987.
- KIM, C.H., WESTON, R.H., HODGSON, A, LEE, K. H.The complementary use of IDEF and UML modelling approaches, Computers in Industry, 2003, 50 35–56.
- KIM, Y., KANG, S.K., LEE, S.H., YOO, S.B.. A distributed, open, intelligent product data management system, International Journal of Computer Integrated Manufacturing 14 (2), 2001, 224–235.
- LOPES, M.A.: Informática Aplicada à Bovinocultura. Jaboticabal, S.P. FUNEP, 1997, pp. 82.
- LOPES, M.A.: Informática Aplicada à Bovinocultura Leiteira. Lavras, M.G., UFLA, 2002, pp. 130.
- MAMDANI, E.H. and S. ASSILIAN, "An experiment in linguistic synthesis with a Fuzzy logic controller," International Journal of Man-Machine Studies, 1975, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13.
- MANSON, F.J., LEAVER., J. D. 1988. The Influence of Dietary Protein Intake and Hoof Trimming on Lameness in Dairy Cattle. Anim. Prod., 47: 191-199.
- MATHWORKS Inc. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. Version 2. 3rd printing. The Mathworks Inc, Natick MA, 01760-1500, 1998.
- MARTIN-CLOUAIRE, R. and K. KOVATS. Satisfaction of soft constraints applied to the greenhouse to the determination of greenhouse climate setpoints, 211-220. In Proc. AIFA Conf., Artificial Intelligence for Agriculture and Food, Equipment and Process Control, 27-29 October, Nimes, France. London, England:Elsevier, Ltd, 1993.
- MARTIN, J., ODELL, J.J. Object-Oriented Analysis and Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992.
- MC GUINNES, S. How Objective is object-oriented analysis?. In: Proceedings of CaiSE '92. Manchester, UK., 1992, pp 1-16.
- MERLO, C., GIRARD, Ph., Information system modeling for engineering design co-ordination. Computers Industry 55: 317-334, 2004.
- MOLLO, M. N., CARVALHO, V. R. C., NÄÄS, I.A., Proposta Para A Modelagem Em Uml do Desenvolvimento De Um Sistema Especialista Baseado Em Lógica Fuzzy Para Prevenção Da Ocorrência De

- Laminite Em Gado De Leite. V Congresso Brasileiro de Agroinformática, SBI-AGRO, Londrina, 2005.
- NIELSEN, M., SCHUKKEN, Y.H., HOGEVEEN, H., 1994. Development of an on-line mastitis detection system within an integrated knowledge-based system for dairy farm management support. *Vet. Res.*, 1994, 25, pp. 285-289.
- OMG. OBJECT MANAGEMENT GROUP - Unified Modeling Language Specification. Version 1.3, <http://www.rational.com/uml/resources/index.jttmp1/>, 1999.
- PEARL, J.: Heuristics: Intelligent Strategies for computers solving. Addison-Wesley Publishing Company Inc., California – USA, 1984.
- QUATRANI, T., Visual Modeling with Rational Rose 2000 and UML, The Addison-Wesley Object Technologies Series, 2nd ed. Addison-Wesley Longman, a Pearson Education Company, 2000, ISBN: 0-201-69961-3.
- RAVEN E.T. 1989. Cattle Foot Care and Claw Trimming. Farming Press – UK. 19-33.
- REVIE, C.W., REID, S.W.J., IRWIN, T., LOVE, S., MELLOR, D.J., GETTINBY, G.: EqWise and Development of diagnostic aids in equine coughing. *Int. J. Appl. Exp. Syst.*, 1994, 2, pp. 175-190.
- RUMBAUGH, J., BLAHA, M., PREMERLANI, W., EDDY, F., LORENSEN, W. Object Oriented Modelling and Design, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991.
- SANCHEZ, E. Equations de Relations Floues. Thèse Biologie Humaine, Faculté de Médecine de Marseille. 1974.
- SANCHEZ, E. Resolution of Composite Fuzzy Relation Equations. *Information and Control*, 1976, 30, pp. 38-48.
- SPRECHER, D. J., D. E. HOSTETLER, KANEENE, J. B.. 1997. A Lameness Scouring System that uses Posture and Gait to Predict Dairy Cattle Reproductive Performance. *Therio.*, 47: 1179-1187.
- TURBAN, E., ARONSON, J.E. Decision Support systems and intelligent systems, sixth Edition (6th ed.) Hong Kong: Prentice International Hall, 2001.
- USDA. Interior Environment and Energy Use in Poultry and Livestock Facilities. Regional Project S-261. University of Kentucky researchers: R.S. Gates, D.G. Overhults, L.W. Turner, A.J. Pescatore and A.H. Cantor). 1999.
- VOZ, V.L., SHREINEMAKERS, J.F., BREE, D.S., VERHEJDEN, J.H.M. The electronic pig: a prototype of a knowledge-based computer system for swine herd health. *Prev. Vet. Med.* 9, 1990, pp. 95-106
- YAGER, R. R. Approximate reasoning as a basis for rule based expert systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1984, 14, 636–643.
- ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 1965, 8:338-353 .
- ZADEH, L.A. Outline of a New Approach to the analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3, No. 1, January, pp., 1973, 28-44.