

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO**

Levi Ferreira

**UMA SOLUÇÃO PARA O GERENCIAMENTO
INTELIGENTE DE PROCESSOS HOSPITALARES
UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE WORKFLOW**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Computação.

Prof. Dr. rer. nat. Aldo von Wangenheim

Florianópolis, maio de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO

Levi Ferreira

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação, Área de concentração Sistemas de Computação, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação.

Raul Sidnei Wazlawick
Coordenador do Curso

Banca examinadora:

Prof. Dr. rer. nat. Aldo von Wangenheim
Orientador

Prof. Dr. rer. nat. Eros Comunello
Membro da Banca

Prof. Dr. Paulo José de Freitas Filho
Membro da Banca

Dr. Luiz Felipe de Souza Nobre
Membro da Banca

“Existem duas maneiras de se construir um projeto de software: Uma é fazê-lo tão simples que obviamente não existam deficiências, a outra é fazê-lo tão complicado que deficiências não sejam óbvias. A primeira é de longe a mais complicada”.

(Hoare)

Agradeço a Deus primeiramente pela maior de todas as oportunidades, a vida, e pela minha inteligência e força de vontade. Aos meus pais pelo apoio incondicional em todos os meus passos. A Fundação Volkswagen, CNPq, SES-SC e ao Papai e Mamãe novamente pelo apoio financeiro. Ao meu orientador pelo direcionamento e apoio e a todos os meus colegas e colaboradores.

SUMÁRIO

Capítulo 1	Introdução	3
1.1	Definição do problema	3
1.2	Motivação	8
1.3	Objetivos do Trabalho	8
1.3.1	Objetivo Geral	8
1.3.2	Objetivos Específicos	8
1.4	Hipótese	9
1.5	Material e Métodos	9
1.6	Contribuições	9
1.7	Estrutura do Trabalho	9
Capítulo 2	Revisão de Literatura	11
2.1	Trabalhos Correlatos	11
2.2	Workflows em Gerenciamento de processos.....	11
2.3	Aplicações de Workflows e Principais Concorrentes.....	13
2.4	Legislação aplicada à Informática Médica	15
2.4.1	Resolução CFM No. 1.638/2002	16
2.4.2	Resolução CFM No. 1.639/2002	16
2.5	A tecnologia de Workflow	17
2.5.1	Processo	17
2.5.2	Problemas Comuns em um Processo.....	18
2.5.3	Workflow	19
2.5.4	<i>Modelos de Workflow</i>	25
2.5.5	Modelagem de Processos	26
2.5.6	Organizações Padronizadoras.....	27
2.6	Configuração e Planejamento.....	36
2.6.1	Conceituação	37
2.6.2	Tipos	39
2.6.3	Planejamento Hierárquico	40
2.6.4	Planejamento Não-hierárquico	40
2.6.5	Planejamento Linear	40

2.6.6	Planejamento Não-linear	41
2.7	Truth Maintenance Systems (TMS)	41
2.7.1	Representação	42
2.7.2	Aplicação	42
2.7.3	Tipos	43
Capítulo 3	Metodologia	45
3.1	Tipo de pesquisa	45
3.2	Divisão do trabalho	45
3.2.1	Organização das atividades	45
3.3	Coleta de dados	47
Capítulo 4	Aplicação	48
4.1	Composição do sistema	49
4.2	Workflow Server	50
4.2.1	Protocolo de comunicação	51
4.2.2	Máquina de Inferência	52
4.2.3	Gerenciamento	53
4.3	Workflow Client	54
4.3.1	Comunicação entre cliente e servidor	55
4.4	Workflow Designer	57
4.4.1	Detalhes Técnicos	59
Capítulo 5	Validação, Resultados e Conclusões	61
5.1	Desenvolvimento	61
5.2	Resultados	62
5.3	Conclusões	73
5.4	Objetivos Alcançados	74
5.5	Dificuldades Encontradas	75
5.6	Trabalhos Futuros	76
Anexo A	- TCP-IP Sockets e XML	85
Anexo B	- Ambiente de Aplicação	87
Anexo C	- Mensagens XML	92

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilha da enfermeira-chefe no setor de clinica médica do HU/UFSC.....	5
Figura 2 - Sala de Serviço de Arquivo Médico do HU/UFSC.....	6
Figura 3 – <i>Workflow Manager</i> - AGFA	14
Figura 4 - Exemplo de Modelagem gráfica de Processos.....	26
Figura 5 - Modelo de Referencia de <i>WfMC</i> (<i>WfMC</i> 2004).....	28
Figura 6 - Comunicação entre Ferramentas de Modelagem e <i>Engines(WfMC)</i>	30
Figura 7 - Processamento padrão entre a modelagem e as <i>engines</i>	31
Figura 8 - Tabela de Entidades e Atributos padronizados (<i>WfMC</i>)	32
Figura 9 - <i>Chained Workflows</i>	33
Figura 10 - <i>Nested Workflows</i>	34
Figura 11 - <i>Parallel-synchronized workflows</i>	34
Figura 12 - Algoritmo de Configuração	39
Figura 13 - Planejamento de ações baseado em <i>TMS</i>	42
Figura 14 - Representação esquemática do sistema <i>Medical Workflow Management</i>	49
Figura 15 – Camadas do Protocolo de Comunicação	52
Figura 16 - Pagina principal do cliente com a lista geral de atividades.....	56
Figura 17 - Página de visualização da sequência de atividades de um <i>workflow</i>	56
Figura 18 - Interfaces para computadores de mão (<i>Pocket PCs</i>).....	57
Figura 19 - Interface principal do <i>Workflow Designer</i>	58
Figura 20 - Relação entre <i>Workflow Engine</i> e <i>Workflow Designer</i>	59
Figura 21- Modelo Gráfico de Processos	62
Figura 22 – Definição das características de um Ator para uma atividade.....	63
Figura 23 - Definição das características de um Recurso para uma atividade.....	63
Figura 24 – Definição dos parâmetros de uma Atividade.....	64
Figura 25 – Modelo XML representando o processo	65
Figura 26 – Processo instanciado na <i>Workflow Engine</i>	66
Figura 27 – Detalhe de alocação das necessidades da primeira atividade	66
Figura 28 - Detalhe de alocação das necessidades da segunda atividade	67
Figura 29 – Agenda de um profissional com pequeno número de habilidades	67
Figura 30 – Agenda de um profissional com um número médio de habilidades	68
Figura 31 – Agenda de um profissional com maior número de habilidades.....	68
Figura 32 – Tela principal – Lista de atividades do usuário logado	69
Figura 33 – Tela de cadastro de pacientes	70
Figura 34 - Tela de instanciação de processos.....	71
Figura 35 – Agenda diária de um profissional.....	71

Figura 36 – Lista seqüencial das atividades de um processo.....	72
Figura 37 – Interfaces utilizadas no IPAQ	72
Figura 38 - IPAQ mostrando a lista de atividades de um processo	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Publicações IEEE com o tema <i>Workflow</i>	11
Tabela 2 – Classes de Objetos Gráficos do Modelador	59
Tabela 3 – Recursos disponíveis na DMI	87
Tabela 4 – Horários de trabalho dos profissionais da DMI	88
Tabela 5 – Habilidades dos médicos da DMI	88

ABREVIACÕES

<i>API</i>	<i>Application Program Interface</i>
<i>ASAP</i>	<i>Asynchronous Service Access Protocol</i>
<i>ATMS</i>	<i>Assumption Based TMS</i>
<i>BCP</i>	<i>Boolean Constraint Propagation</i>
<i>CFM</i>	Conselho Federal De Medicina
<i>CORBA</i>	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
<i>CWAD</i>	<i>Common Workflow Audit Data</i>
<i>DDE</i>	<i>Dynamic Data Exchange</i>
<i>DICOM</i>	<i>Digital Imaging And Communication In Medicine</i>
<i>FIFO</i>	<i>First In First Out</i>
<i>HTML</i>	<i>Hypertext Markup Language</i>
<i>HU</i>	Hospital Universitário
<i>IEEE</i>	<i>Institute Of Electrical And Electronics Engineers</i>
<i>IHE</i>	<i>Integrating The Healthcare Enterprise</i>
<i>IMIA</i>	<i>International Medical Informatics Association</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol</i>
<i>ISO</i>	<i>International Standards Organization</i>
<i>JTMS</i>	<i>Justification Based TMS</i>
<i>LTMS</i>	<i>Logic TMS</i>
<i>MIB</i>	<i>Medical Image Browser</i>
<i>MOF</i>	<i>Meta-Object Facility</i>
<i>MVC</i>	<i>Model View Controller</i>
	<i>Organization for the Advancement of Structured Information</i>
<i>OASIS</i>	<i>Standards</i>
<i>OLE</i>	<i>Object Linking And Embedding</i>
<i>OMG</i>	<i>Object Management Group</i>
<i>OMS</i>	Organização Mundial da Saúde
<i>PACS</i>	<i>Picture Archiving and Communications Systems</i>

PEP	Prontuário Eletrônico de Paciente
<i>PHP</i>	<i>Programming Hypertext Preprocessor</i>
SAME	Serviço de Arquivo Médico
SBIS	Sociedade Brasileira de Informática em Saúde
SES-SC	Secretaria Estadual de Saúde de Santa Catarina
<i>SGML</i>	<i>Standard Generalized Markup Language</i>
<i>TCP</i>	<i>Transmission Control Protocol</i>
<i>TMS</i>	<i>Truth Maintenance System</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
<i>UML</i>	<i>Unified Modeling Language</i>
<i>WfMC</i>	<i>Workflow Management Coalition</i>
<i>Wf-XML</i>	<i>Workflow XML</i>
<i>WPDL</i>	<i>Workflow Process Definition Language</i>
<i>XMI</i>	<i>XML Metadata Interchange</i>
<i>XML</i>	<i>Extensible Markup Language</i>

Resumo

Grandes instituições de saúde têm uma notada carência em conseguir manter o controle de seus fluxos de informação internos. Os processos médicos e hospitalares são extremamente complexos, envolvem risco humano e necessitam que a tomada de decisões seja exercida de forma rápida e precisa. Apesar disso, têm recursos limitados que devem ser utilizados da forma mais racional e eficiente possível. Tendo em vista que os profissionais envolvidos têm por prioridade a realização de suas funções técnicas é imperativa a necessidade de prover ferramentas adequadas para garantir o gerenciamento deste processo. Porém manter todos estes dados disponíveis, atualizados e confiáveis, além de coordenar a escala de serviço ou de atividades dos profissionais médicos e técnicos responsáveis por sua execução, representa um grande desafio. Para tanto, faz-se necessário o emprego de tecnologias, ferramentas e equipamentos que possam resolver o problema da demanda de trabalho, considerável volume de papéis e as possíveis perdas de informações além de possibilitar uma distribuição dinâmica e confortável de tarefas entre os profissionais da equipe do hospital responsáveis por sua execução.

Este trabalho apresenta o resultado de pesquisa e desenvolvimento junto ao projeto Cyclops no intuito da elaboração de uma solução para a elicitação, documentação e gerenciamento do processo médico hospitalar. Como sub-produto deste trabalho desenvolveu-se um set de ferramentas computacionais, aplicáveis aos ambientes clínicos hospitalares, com o intuito de auxiliar os médicos radiologistas no processo de atendimento e disseminação do conhecimento de sua área.

Palavras-chave: *Workflow*; Processo Hospitalar; Planejamento e Configuração; Modelagem de Processos; Gerenciamento; *TMS*.

Abstract

Great health institutions have one noticed lack in keeping the control of its internal flows of information. The medical and hospital processes are extremely complex, they involve human risk and they need that the taking of decisions is exerted of fast and right form. Despite of this, they have limited resources that must be used in the most rational and efficient way. If we consider that the involved professionals have for priority the accomplishment of its technical functions, the necessity to provide good tools to guarantee the management of this process is imperative. However to keep all these data available, up to date and trustworthy, besides coordinating the work scale of the professionals responsible for the activities execution, represents a great challenge. For such a way, it is necessary the use of technologies, tools and equipment that can solve the problem of the demand of work, considerable document volume and the possible losses of information besides making possible a dynamic and comfortable distribution of tasks between the professionals of the hospital team responsible for its execution.

This work presents the result of research and development into the Cyclops project in the intention of to elaborate a solution for the elicitation, documentation and management of the hospital medical process. As by-product of this work it was developed a set of computational tools, applicable to the hospital clinical environments, with the intention of assisting the radiologists in the attendance process and dissemination of the knowledge of his area.

Key-words: *Workflow; Hospital Process; Planning and Configuration; Process Modeling; Management; TMS.*

Capítulo 1

Introdução

Grandes instituições de saúde têm uma notada carência em conseguir manter o controle de seus fluxos de informação internos (ANDRADE et al. 2004). Os processos médicos e hospitalares são extremamente complexos, envolvem risco humano e necessitam que a tomada de decisões seja exercida de forma rápida e precisa. Apesar disso, têm recursos limitados que devem ser utilizados da forma mais racional e eficiente possível. Tendo em vista que os profissionais envolvidos têm por prioridade a realização de suas funções técnicas é imperativa a necessidade de prover ferramentas adequadas para garantir o gerenciamento deste processo. Porém manter todos estes dados disponíveis, atualizados e confiáveis, além de coordenar a escala de serviço ou de atividades dos profissionais médicos e técnicos responsáveis por sua execução, representa um grande desafio. Para tanto, faz-se necessário o emprego de tecnologias, ferramentas e equipamentos que possam resolver o problema da demanda de trabalho, considerável volume de papéis e as possíveis perdas de informações além de possibilitar uma distribuição dinâmica e confortável de tarefas entre os profissionais da equipe do hospital responsáveis por sua execução.

Neste trabalho serão apresentadas tecnologias e técnicas que combinadas corretamente compõem uma solução para o gerenciamento inteligente e automatizado de *workflows*.

Como exemplo de aplicação da solução proposta, um sistema para gerenciamento de processos hospitalares será apresentado com o intuito de demonstrar a aplicabilidade dos conceitos e seus benefícios.

1.1 Definição do problema

Um simples passeio pelo setor de clínica médica de um hospital nos revela quão grande é a dificuldade em conseguir manter o controle dos fluxos de informação internos. Através de um levantamento realizado no HU/UFSC (Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina), foi possível determinar diversas dificuldades em manter tais controles.

A partir do momento em que um paciente ingressa em uma unidade hospitalar são iniciados diversos processos que irão resultar em um grande fluxo documental no hospital, terminando em volumosos prontuários. Tais prontuários poderão conter uma quantidade bastante grande de documentos de diferentes naturezas, como prescrições médicas, observações clínicas, exames e laudos. À medida que o paciente avança pelos setores do hospital, são agregados novos itens ao seu prontuário.

O desafio de sistematizar o gerenciamento desta informação se estende além da criação de um simples Prontuário Eletrônico de Paciente (PEP), aplicando-se principalmente na gerência do fluxo de trabalho e de informação de dezenas de pequenas atividades. Tais atividades, que envolvem o atendimento aos pacientes e a coleta de dados ao pé do leito, irão alimentar com dados entre outros setores envolvidos, os prontuários, a farmácia, o almoxarifado, etc.

Manter todos estes dados disponíveis, atualizados e confiáveis, além de coordenar a escala de serviço ou de atividades dos profissionais médicos e técnicos responsáveis por sua execução, faz parte deste desafio. Para tanto, faz-se necessário o emprego de tecnologias, ferramentas e equipamentos que possam resolver o problema da demanda de trabalho, considerável volume de papéis e as possíveis perdas de informações, principalmente em qualidade, além de possibilitar uma distribuição dinâmica e confortável de tarefas entre os profissionais da equipe do hospital responsáveis por sua execução.

Geralmente dentro das unidades hospitalares existem pequenas ferramentas que tentam de uma forma ou outra, auxiliar os trabalhos de gerenciamento. Contudo só isto não é suficiente. Através de um levantamento realizado em vários hospitais no Estado de Santa Catarina, verificou-se a grande dificuldade existente atualmente para manter a gerência da distribuição dos trabalhos e do fluxo de informações. Em um setor típico de clínica médica, por exemplo, atualmente são mantidas pranchetas (uma para cada paciente), onde são armazenadas temporariamente todas as informações pertinentes a um paciente internado. Os médicos utilizam estas pranchetas para prescrever exames, medicamentos e suas formas de administração entre outros procedimentos necessários. Tais pranchetas estão afixadas ao pé do leito de cada paciente. Após a visita médica, tais pranchetas são recolhidas pelo pessoal técnico para que possam ser, por exemplo, solicitados medicamentos à farmácia, solicitações de exames ou, distribuições das

tarefas entre o corpo clínico. Na Figura 1, pode-se visualizar o trabalho das enfermeiras na clínica médica.



Figura 1 - Ilha da enfermeira-chefe no setor de clínica médica do HU/UFSC

Todos os dados referentes ao tratamento do paciente irão compor seu prontuário. Sabe-se da importância do prontuário na posição de histórico do paciente. Não obstante tal importância existe, ainda, legislações que determinam o que, como e por quanto tempo tais dados devem ser armazenados. No HU/UFSC, como em outras unidades hospitalares também, existem departamentos específicos para cuidar dos procedimentos de armazenamento destes documentos. Na Figura 2, pode-se visualizar o departamento SAME/HU (Serviço de Arquivo Médico). Nesta foto pode-se observar uma grande quantidade de prontuários espalhados em uma mesa de leitura.



Figura 2 - Sala de Serviço de Arquivo Médico do HU/UFSC.

Esta forma de consulta é necessária de ser feita dessa forma quando se utilizam prontuários em papel e pode acarretar vários problemas, como extravio de documentos ou a inserção de alguma folha que tenha se soltado no prontuário errado e assim torná-la irrecuperável, além da possibilidade mais rara, mas não impossível, da perda completa de um prontuário. Além disso, essa forma de armazenamento torna extremamente difícil localizar-se com presteza dados antigos de um determinado paciente que retorna ao hospital para novo tratamento.

Esta forma de organização do trabalho através de uma infinidade de documentos em papel, organizados por pranchetas e gerenciados pelas mais diversas pessoas, introduz mais um fator de risco no fluxo e na guarda das informações, pois os documentos podem ser consultados pelas mais diversas pessoas, além da disponibilidade dos documentos na ilha da enfermeira-chefe induzir à informalidade na execução de tarefas simples da escala de serviços, acarretado manuseio dessas pranchetas pelas mais diversas pessoas do pessoal técnico. Além disso, esse processo torna extremamente moroso o fluxo de informações, pois prescrições médicas têm de

ser organizadas em lotes a partir das pranchetas e levadas em papel à farmácia para a elaboração dos medicamentos, em caso de receitas médicas, ou para outros setores do hospital, no caso da requisição de exames.

Um outro problema no caso de prontuários existentes somente em papel, é que o médico que efetua uma visita ao paciente ao pé do leito não tem acesso imediato a muitos dados do prontuário que não estiverem anexados à prancheta, como histórico clínico, exames de imagem, exames laboratoriais antigos, etc. A possibilidade da consulta dessas informações pode fornecer dados comparativos de grande importância no tratamento.

Para se obter resultados eficientes, fazem-se necessário o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de gerenciar desde a alocação de pessoas e recursos até o controle de medicamentos, alimentos e materiais de consumo. Tais sistemas devem prover interfaces, intuitivas e amigáveis que ajudem em tomadas de decisões (MS-BR 2003). Devem ter a capacidade de adaptação a situações de emergências e não programadas. Por fim, devem estar disponíveis através de equipamentos móveis, para prover acesso rápido prático e dinâmico aos recursos necessários.

Ademais, para que um modelo de informatização e organização do fluxo de informações possa substituir o modelo em papel atual, funcionar e ser utilizado pelos profissionais médicos e técnicos, ele deve ser implantado sem que haja uma mudança contundente na cultura operacional do hospital (THOM e IOCHPE 2001). Isto significa que ter que continuar a fazer escalas de serviço predefinidas e possibilitar tanto ao pessoal técnico como ao pessoal médico preencher dados de paciente de forma móvel e flexível, sem obrigar o uso de esquemas de entrada de dados em computadores fixos em determinados locais no hospital. Além de manter estas características operacionais, que seriam modificadas por um modelo de informatização baseado na entrada de dados em computadores nos setores, vantagens devem ser oferecidas aos usuários, facilitando seu trabalho. Para tanto é necessário que se simplifique o processo operacional e se possa prover ao usuário médico, por exemplo, acesso imediato a uma gama de informações muito maior do que ele teria se continuasse utilizando documentos em papel.

1.2 Motivação

Este trabalho foi motivado pela necessidade de se prover uma solução para o gerenciamento inteligente e automatizado dos processos em ambientes médico hospitalares.

Estima-se que, com a aplicação de uma metodologia apropriada, a distribuição e aproveitamento dos recursos, que no ambiente hospitalar sempre representam um fator imprescindível, poderá ser maximizada. Com isto a qualidade do atendimento, representada por maior número de vagas, menor tempo de espera e conseqüentemente uma maior satisfação dos pacientes, pode ser consideravelmente aumentada.

1.3 Objetivos do Trabalho

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma solução computacional para a elicitación e gerenciamento inteligente e automatizado de processos através da combinação de conceitos da tecnologia de *workflow* com técnicas advindas da inteligência artificial para configuração, planejamento e raciocínio, integradas através de interfaces dinâmicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analise dos aspectos práticos da tecnologia de *workflow* e sua aplicabilidade ao gerenciamento de processos.
2. Analise das técnicas de configuração e planejamento e suas formas de implementação.
3. Analise das técnicas de implementação de raciocínio, justificativas de decisão e replanejamento.
4. Desenvolvimento de uma metodologia de elicitación e representação de processos com base na tecnologia de *workflow*.
5. Análise de uma metodologia de instanciação, alocação e gerenciamento dos processos modelados, com base nas técnicas de configuração, planejamento e raciocínio, para aplicação no ambiente hospitalar.
6. Modelar um sistema que permita a representação e o gerenciamento dos processos médico-hospitalar de forma ágil, eficiente e flexível.

1.4 Hipótese

Com a aplicação de conceitos de *workflow* e inteligência artificial à representação e gerenciamento de processos clinico-hospitalares, através de um sistema integrado e de fácil acesso, podemos aumentar a disponibilidade dos profissionais e recursos deste ambiente melhorando a qualidade de atendimento nas instituições de saúde.

1.5 Material e Métodos

A solução para modelagem e gerenciamento de *workflows* foi desenvolvida e testada com base nos processos existentes setor de radiologia do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU-UFSC).

Como ferramenta interna foi utilizada uma máquina de inferência, com implementação de conceitos de metas/operadores (GÜNTER 1991)(BARRET 1994) e *TMS (Truth Maintenance System)* (DOYLE 1979)(McALLISTER 1990), desenvolvida por pesquisadores do Projeto Cyclops. Algumas adaptações foram realizadas para facilitar a comunicação com o cliente, tais como a criação de serviços especializados.

Como ferramentas externas, integradas ao sistema para auxílio a diagnóstico foi utilizado o *Medical Image Browser (MIB)* e o Portal de Telemedicina da Secretaria Estadual de Saúde de Santa Catarina (SES-SC). Ambas as ferramentas desenvolvidas no âmbito do Projeto Cyclops (CYCLOPS 2005).

1.6 Contribuições

Durante o desenvolvimento deste trabalho algumas contribuições relevantes à área de aplicação da pesquisa foram desenvolvidas. Dentre elas pode-se citar:

- A criação de uma solução para modelagem gráfica e exportação de *workflows* em formato padronizado (*XML*).
- A demonstração prática da aplicabilidade dos conceitos de planejamento e configuração, à alocação de atividade em *workflows* médicos.

1.7 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos para facilitar a organização e entendimento do conteúdo conforme descrito:

Capítulo 1 – Introdução

Apresenta a definição do problema da falta de um sistema de modelagem e gerenciamento do processo hospitalar, o fator motivacional deste trabalho, os objetivos, tanto o geral quanto os específicos, a hipótese que delineou toda a pesquisa, o material e os métodos utilizados, e as contribuições relevantes do trabalho.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura

Apresentados os trabalhos já desenvolvidos que estão em concordância com o escopo desta pesquisa bem como toda a fundamentação teórica não trivial necessária ao entendimento do trabalho. A tecnologia de *workflow* é apresentada assim como as técnicas de configuração, planejamento e raciocínio, advindas da inteligência artificial. Em todos estes capítulos, referências são indicadas para uma possível necessidade de aprofundamento em qualquer que seja o assunto de interesse do escopo apresentado.

Capítulo 3 – Metodologia

Apresenta os métodos utilizados para a aplicação dos conceitos estudados com vistas ao desenvolvimento da solução.

Capítulo 4 – Aplicação

Apresenta todos os passos necessários para o desenvolvimento da solução proposta. São apresentados os componentes utilizados e ou desenvolvidos no escopo do mesmo, com suas particularidades e funcionalidades.

Capítulo 5 – Validação, Resultados e Conclusões

Apresenta os métodos aplicados para validação da solução proposta, assim como os resultados obtidos até o fechamento desta pesquisa e as conclusões que foram possíveis de se inferir a respeito do assunto. Compreende o capítulo 5.

Além destes cinco capítulos, foram adicionados anexos ao final do texto visando o maior esclarecimento de algumas partes do trabalho.

Capítulo 2

Revisão de Literatura

2.1 Trabalhos Correlatos

A bibliografia referente à tecnologia de *workflow* é abundante, principalmente no meio acadêmico e científico, abrangendo os mais variados enfoques, desde controle de documentos web a gerenciamento de processos. Pesquisa realizada em duas datas específicas, no site da IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (IEEE 2006), retornaram dados conforme mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Publicações IEEE com o tema *Workflow*

	Artigos referentes a		
	Workflow	Workflow em medicina	Modelagem e planejamento de workflow em medicina
12/5/2005	960 artigos	8 artigos	0 artigos
10/1/2006	1390 artigos	85 artigos	5 artigos

Isto mostra que a pesquisa em *workflow* está em franco desenvolvimento, principalmente no que concerne ao gerenciamento de *workflow* hospitalares envolvendo modelagem e planejamento.

2.2 Workflows em Gerenciamento de processos

A pesquisa de base para este trabalho incluiu a leitura ou consulta de alguns dos pesquisadores mais expressivos que enfocam o tema do ponto de vista de gerenciamento de processos, que é o foco de maior interesse para esta pesquisa, através de alguns dos trabalhos desenvolvidos por eles.

Georgakopoulos, como um dos grandes pesquisadores desta área, trabalhou com *Workflows* aplicando conceitos de transações permitindo o agendamento cronológico com dependência temporal (GEORGAKOPOULOS et al. 1993/1994). Baseado neste contexto ele propôs um modelo para levantamento, execução e gerência de *workflows*.

Este modelo contemplava desde a definição tecnológica até a infra-estrutura proposta para suportar workflows baseados em transação.

Tombros e seu grupo de pesquisas desenvolveram um trabalho bastante abrangente e interessante. Eles trabalharam com conceitos de modelagem e gerenciamento de *workflows* com acionamento por eventos (GEPPERT and TOMBROS 1998/2000) e com a utilização de *Brokers* e *Services* (TOMBROS, GEPPERT and DITTRICH 1997). Alguns dos trabalhos propostos apresentam os conceitos com base em sistemas distribuídos (TOMBROS, GEPPERT and DITTRICH 1996) sendo que o grande foco de seus trabalhos é o comércio eletrônico (empresas virtuais) (GEPPERT, TOMBROS and KRADOLFER 1998).

Focado na conceituação e modelagem tem-se as pesquisas de Casati que concentra seus trabalhos em análises, simbologias e modelos para a representação de *workflows* (CASATI et al. 1996). Ele se ocupa ainda com a carga de trabalho, sua distribuição e balanceamento em sistemas de *workflow* (CASATI et al. 2001). Ele propõe ainda mecanismos para autenticação e regulação de workflow baseado em *triggers* e *patterns* (CASATI et al. 2000).

Alguns outros trabalhos como os de Barros, Joosten (JOOSTEN 1994/2002), Brinkkemper e Kappel fornecem contribuições quanto à definição de formas de modelagem (KAPPEL et al. 1996/1998), alocação de atividades (BARROS 2001), automatização da execução e coordenação em sistemas de *workflow* (JOOSTEN and BRINKKEMPER 1996).

Já Knutilla e Shlenoff avaliaram um conjunto de várias linguagens de modelagem de processos e propuseram um catálogo das principais extensões e requisitos específicos de aplicações em processos de workflow (KNUTILLA and SCHLENOFF 1996).

Alguns outros trabalhos mostram ainda propostas de gerenciamento de processos baseado em agentes inteligentes (HANNEBAUER 1999), encadeamento de processos por eventos com base em ontologia (BLAKE 2003) até a utilização de grafos conceituais para modelagem organizacional em gerenciamento de *workflow* (KLARMANN 2001).

A grande maioria destes trabalhos ou são focados em sistemas de *workflow* para manufatura ou em gerenciamento automatizado de documentos, controle virtual e

comércio eletrônico. Os trabalhos que focam a área médica são propostas de ambientes distribuídos para processamento, recuperação e disponibilização de imagens (ZIKOS, KALDOUDI and ORPHANOUDAKIS 1997) ou integração funcional de planos de saúde (KALDOUDI et al. 1997). Não se encontrou, na área médica, publicação científica de propostas ou metodologias para modelagem e gerenciamento de processos com resultados advindos de aplicação prática.

2.3 Aplicações de Workflows e Principais Concorrentes

Atualmente existem no mercado diversas aplicações desenvolvidas para ambientes hospitalares que implementam gerenciamento do fluxo de trabalho (*workflow*). Verifica-se, no entanto, que estas aplicações baseiam-se em um modelo tradicional estático. Nesta filosofia, analistas vão até o ambiente hospitalar, desenvolvem uma análise criteriosa e projetam uma seqüência para o *workflow* com base nas necessidades específicas de cada hospital. A partir deste modelo parametriza-se a aplicação determinando um fluxo estático para o trabalho hospitalar. Em sua maioria, estas aplicações são partes integrantes de sistemas maiores, geralmente associados a setores hospitalares específicos, podendo citar como exemplos: a radiologia, cardiologia e pediatria. Estas aplicações são consideradas *workflows* pelo fato que orientam para um fluxo de trabalho indicando uma seqüência de passos que são necessários seguir e que não podem ser ignorados. Tais aplicações também possibilitam o controle de questões relacionadas a agendamentos tanto de pacientes quanto de recursos e materiais, dentre outras funcionalidades necessárias em ambientes hospitalares.

Tais aplicações, na sua grande maioria, são desenvolvidas por grandes companhias que possuem uma considerável quantidade de ferramentas para atender as necessidades médicas. Estas ferramentas são geralmente de auxílio a diagnósticos às mais diversas especialidades clínicas e sistemas PACS (*Picture Archiving and Communications Systems*), que são de vital importância para a manutenção dos dados hospitalares. Assim, geralmente as aplicações de *workflows* estão inseridas em conjunto com outras ferramentas. Como exemplo, pode-se citar a clínica radiológica que possui diversas ferramentas de auxílio a diagnóstico médico por imagem, sistema PACS e também uma aplicação de *workflow* que auxilia nos procedimentos de controles dentro deste setor. Não necessariamente as aplicações de *workflow* devam estar inseridas em

um contexto completo e integradas com outras ferramentas, contudo, este é um objetivo que se almeja alcançar com o uso de um *workflow*.

Para que fosse possível obter uma idéia completa da situação atual com relação às ferramentas de *workflow* disponíveis no mercado, foi necessário fazer um levantamento com os principais concorrentes desenvolvedores de soluções para a área médica. A partir desta pesquisa foi possível analisar a situação atual das soluções de *workflows* disponíveis no mercado mundial. A empresa Agfa (AGFA 2004) oferece um sistema (*Enterprise IS*) que possui diversas funcionalidades de gerenciamentos e controles. Através desta ferramenta é possível controlar toda uma unidade hospitalar desde a recepção, atendimentos, agendamentos, entre outros. Como parte integrante do Enterprise IS esta o *Workflow Manager* ferramenta para o controle de *workflows*. Na Figura 3 é mostrada a interface do *Workflow Manager* da empresa Agfa.

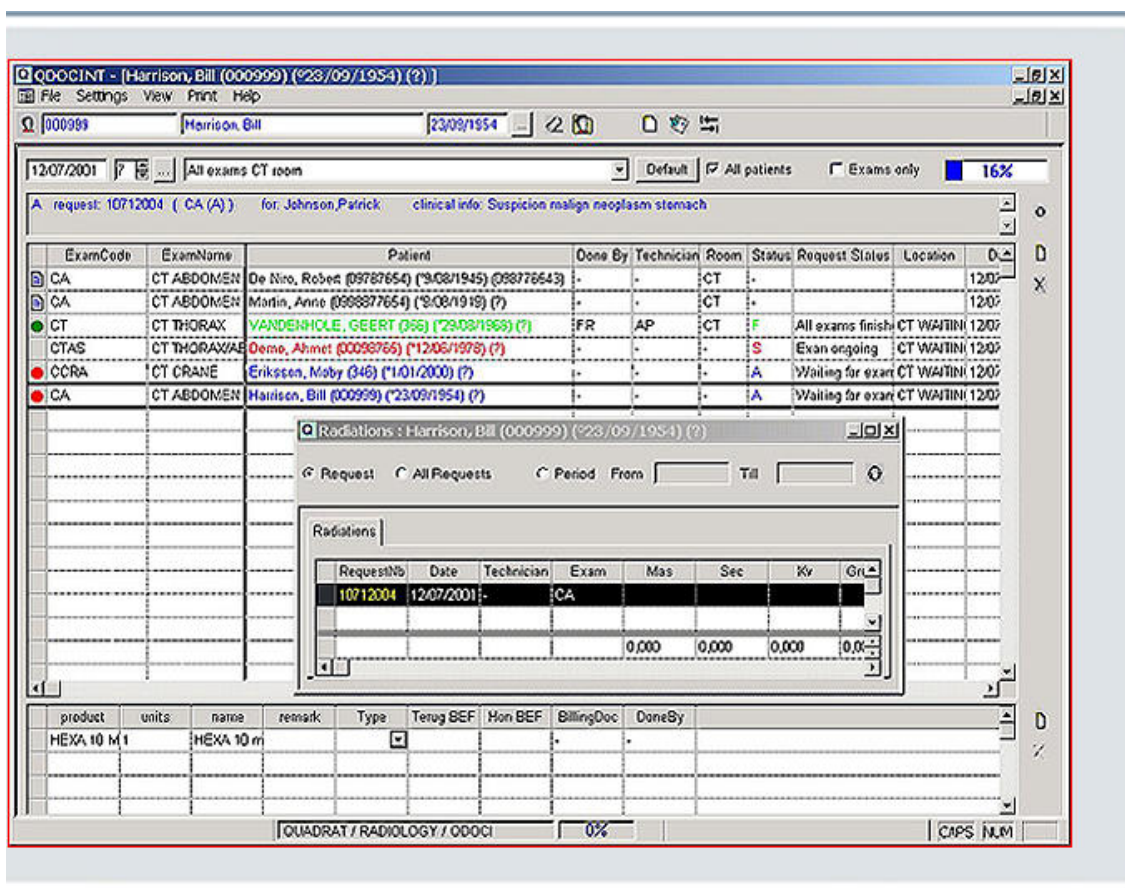


Figura 3 – *Workflow Manager* - AGFA

O *Enterprise IS* está integrado a diversas outras ferramentas e também com um sistema *PACS*. Todas as ferramentas são compatíveis e estão desenvolvidas no padrão *DICOM* (*Digital Imaging and Communication in Medicine*).

Outra empresa desenvolvedora de softwares integrados é a empresa *GE Medical Systems* (GE 2004). Esta empresa mantém a mesma linhagem de produtos da empresa Agfa. Para fazer a integração tal empresa dispõe de software com os conceitos de *Integrating the Helthcare Enterprise (IHE)*, que apesar de não ser um *workflow* propriamente dito, tem funções bem similares (SIEGEL e CHANNIN 2001).

Por fim, consultou-se a empresa *Siemens Medical Solution* (SIEMENS 2004) que também possui um sistema integrado denominado *Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)* que funciona como um *workflow* clínico integrado a demais aplicações da empresa e a um sistema *PACS*. Os sistemas Siemens também trabalham de acordo com o padrão internacional *DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM 2005).

2.4 Legislação aplicada à Informática Médica

Apesar de ter sido feito uma busca exaustiva na *Internet* e através de outros meios de informações, não foram encontradas legislações específicas sobre *workflows* hospitalares. Os aspectos buscados estavam relacionados a normatizações e regulamentações que orientassem para o desenvolvimento de tais aplicações. Também foram efetuadas buscas por padronizações que pudessem ter sido especificadas por entidades ligadas à saúde no Brasil. Além da pesquisa realizada em entidades nacionais, também foram efetuadas pesquisas no âmbito mundial. Neste segundo caso, foram buscadas informações junto a Organização Mundial da Saúde (OMS). Apesar de não ter sido encontrado legislações e regulamentações que dissessem respeito exclusivamente ao desenvolvimento de aplicações de *workflows* hospitalares, foi encontrado o código de ética de profissionais de informática ligados à saúde (IMIA 2005) e duas resoluções do Conselho Federal de Medicina (CFM) que normatizam o prontuário eletrônico. Sendo os *workflows* hospitalares aplicações que têm ligação direta com os prontuários eletrônicos, foram verificadas estas duas resoluções do Conselho Federal de Medicina, como segue abaixo.

2.4.1 Resolução CFM No. 1.638/2002

Esta resolução não diz respeito diretamente à área de desenvolvimento de prontuário eletrônico, contudo esta resolução regulamenta a implantação dos prontuários eletrônicos em instituições de saúdes. O texto original da resolução segundo a CFM (CFM 2004-1) "Define prontuário médico e torna obrigatória a criação da Comissão de Revisão de Prontuários nas instituições de saúde". Tal resolução é base para a resolução que determina os procedimentos para implementação dos prontuários eletrônicos.

2.4.2 Resolução CFM No. 1.639/2002

Esta resolução aprova as normas técnicas para o uso de sistemas informatizados para a guarda e manuseio do prontuário médico, dispõe também sobre o tempo de guarda dos prontuários e estabelece critérios para a certificação dos sistemas de informação e dá outras providências (CFM 2004-2). Em seu sétimo artigo tal resolução resolve que através de convênio específico o Conselho Federal de Medicina juntamente com a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) expedirão, quando solicitados, a certificação dos sistemas para a guarda e manuseio de prontuários eletrônicos que estejam de acordo com as normas técnicas especificadas por esta resolução. Esta resolução cita ainda duas outras normas ISO. Estas normas especificam através da norma ISO/IEC 17799 como devem ser executadas as cópias de segurança, autenticações determinando níveis de acessos e senhas e auditoria através do armazenamento de logs do sistema. A segunda norma citada é a norma ISO/IEC 15408 que dispõe sobre a integridade da informação e sobre a qualidade do serviço prestado.

Com relação ao código de ética dos profissionais de informática em saúde a Sociedade Brasileira de Informática na Saúde adotou o código de ética da *IMIA (International Medical Informatics Association)* (IMIA 2005). Na página da SBIS encontra-se traduzido este código. Tal código é dividido em três partes. A primeira refere-se a princípios fundamentais de ética, a segunda dispõe sobre os princípios gerais da ética em informática. Por fim, a terceira parte estabelece regras de conduta ética para profissionais de informática em saúde (IMIA 2005).

2.5 A tecnologia de Workflow

Workflow segundo Tramontina, (TRAMONTINA 2004), ainda é um conceito sobre o qual não existe um consenso definido entre os teóricos que o fomentam. Existem diferentes ferramentas e ambientes que provêm das diferenças no conceito de *Workflow* que cada pesquisador tem. Isto se deve às grandes proporções que essa tecnologia vem tomando nos últimos anos, causando uma variação no significado do termo para comportar a sua abrangência.

Para a fácil compreensão da importância desta tecnologia e sua influência decisiva neste trabalho é necessário o conhecimento de conceitos básicos tais como. Os tópicos seguintes buscam nivelar o domínio destes conceitos, discorrendo brevemente sobre eles.

2.5.1 Processo

Segundo Wilson de Pádua, (FILHO 2001): “Processo é um conjunto de passos parcialmente ordenados, constituídos por atividades, métodos e transformações, usado para atingir uma meta”.

O Processo é por definição o conjunto de passos que nós seguimos para realizarmos um projeto. O projeto é, por sua vez, a aplicação do processo que visa produzir um produto ou serviço.

Para ficar mais claro podemos utilizar um exemplo simples como a confecção de um bolo:

A Receita do bolo é o Processo, que iremos seguir para fazê-lo.

A Confecção de um bolo seguindo a receita é um Projeto com base no processo.

O Bolo, produzido pelo Projeto (execução da receita), seguindo o Processo (receita), é o Produto ou Serviço Acabado.

Para a implementação de qualquer processo é necessária a definição de detalhes tais como:

Produto: O que será feito?

Passos ou Atividades do Processo: Quando e como será feito?

Agentes ou atores do Processo: Por quem será feito?

Insumos: Que ferramentas serão utilizadas?

Resultados: O que será produzido?

2.5.2 Problemas Comuns em um Processo

Processos simples como a confecção de um bolo, citada anteriormente, podem ser facilmente geridas. Porém, quando os processos são maiores e envolvem várias pessoas e recursos, a complexidade aumenta exponencialmente. Vários problemas são enfrentados quando do desenvolvimento e gerenciamento destes processos. Entre estes, alguns são especialmente importantes e devem ser contornados. A seguir enumeramos os mais relevantes, do ponto de vista do gerenciamento e otimização de qualquer processo.

a) Dificuldade na Alocação de Recursos

Para que um processo seja considerado economicamente viável, é imprescindível que os recursos disponíveis, técnicos e físicos, sejam utilizados de forma precisa para que se evite o desperdício e o conseqüente aumento de custo.

É um transtorno para qualquer gerente ou administrador ter que proceder à distribuição de seus recursos sem uma visão global do processo. Profissionais de alto nível técnico têm muitas vezes sua capacidade subutilizada em função da falta de visão dos recursos disponíveis, da previsão equivocada das necessidades reais e de controles deficientes de agendas e horários.

Neste contexto, é imperativa a necessidade de implementar ferramentas que ofereçam aos administradores um panorama global dos processos em execução no ambiente de trabalho, com detalhes de cada atividade, necessidades de recurso e tempo bem como os profissionais necessários para desenvolver cada tarefa. Uma ferramenta que permita o controle efetivo das agendas de cada funcionário bem como os papéis possíveis de serem desenvolvidos por cada um deles. E tudo isso, com atualização constante garantindo confiabilidade e eficiência.

b) Documentação Inexistente ou Ineficiente

A documentação do processo é um dos passos básicos para se garantir a confiabilidade e repetibilidade deste e permitir o rastreamento no caso de necessidades de manutenções futuras.

A grande maioria de empresas, que hoje estão buscando padronizar seus processos, tem se deparado com a dificuldade de proceder a uma documentação eficiente porem sem a conseqüente sem burocratização. Os métodos de documentação de processo atuais prevêm uma variada gama de documentos e ferramentas que, por

não fazerem parte do processo produtivo e não agregarem valor aos funcionários que têm de usá-las são, o mais das vezes, ignoradas gerando falhas e com o passar do tempo são abolidas e ou substituídas.

O ideal é que o controle de documentação do processo seja feito, de forma automática, por uma ferramenta de uso efetivo do profissional envolvido, à medida que este vai realizando suas atividades.

c) Falta de Dados Gerenciais

Quando, apesar das dificuldades, a empresa consegue implantar um processo de desenvolvimento, o mínimo esperado é que este processo seja eficiente e tenha um custo atraente. Para ter idéia se este objetivo foi atingido o gerente precisará dispor de dados estatísticos de todo o processo e isto é algo extremamente difícil de se conseguir sem uma ferramenta apropriada, que faça um controle efetivo em todas as fases.

Estes dados não servem apenas para dizer se o processo foi ou não bem sucedido, mas, também, para fornecer parâmetros que permitam modificá-lo e readequá-lo a novos padrões e objetivos.

2.5.3 Workflow

Resumidamente, pode-se entender *Workflow* como um meio de visualização, análise e melhoria de processos buscando a sua automação por ferramentas específicas.

Com o uso desta tecnologia, é possível tratar de forma gráfica, a troca de informações e tarefas entre os participantes de um processo, de acordo com as regras e objetivos deste processo.

Por definição, a tecnologia pode ser aplicada em um processo com o uso de técnicas “manuais”, sem a intervenção de computadores ou ferramentas, ou de forma automatizada com a utilização destes. É claro que a última proposta é a mais utilizada e difundida.

Apesar da falta de consenso absoluto quanto à definição do que é *Workflow*, existem trabalhos sendo desenvolvidos no sentido de se criar padrões para a tecnologia. Um dos trabalhos mais expressivos neste sentido é o da *Workflow Management Coalition (WfMC)* que é um consórcio de Empresas buscando o desenvolvimento de interfaces integração para os diferentes aspectos desta tecnologia. Segundo esta entidade(WfMC 2005):

Workflow é: “a automação de um processo no todo ou em parte garantindo o correto roteamento de documentos, informações e tarefas entre os participantes deste processo”.

Processo é: “um conjunto coordenado de atividades (seqüenciais ou paralelas) que são interligadas com o objetivo de alcançar uma meta comum”.

Atividade é: “uma descrição de um fragmento de trabalho que contribui para o cumprimento de um processo” .

O conceito de *workflow* está envolvido com a noção de processo advinda da manufatura e de rotinas de escritório. Tal noção de processo está relacionada com a busca da eficiência das atividades concentrado-as em rotinas (*WfMC* 2005). As atividades do trabalho são separadas em tarefas bem definidas, papéis, regras e procedimentos com objetivo de:

- Capturar o processo de negócio
- Possibilitar a melhoria desse processo ou
- Adaptar o processo às novas realidades em busca de eficiência e produtividade.

Workflow é um conceito relacionado intimamente com a organização inteligente de um processo. Um *workflow* deve descrever as tarefas de um processo de forma a permitir entender, melhorar e re-projetar esse processo (*WfMC* 2005).

Idéia básica → quebrar o processo em partes menores, sendo estas denominadas atividades.

Gerenciar um *workflow* é coordenar a execução das atividades respeitando:

- a ordem planejada de execução
- as dependências e a
- as pré-condições entre elas

Sistemas de Gerencia de *Workflow*

Sistemas de gerência de *workflow* são, ainda segundo a *WfMC* (*WfMC* 2005):

“sistemas que permitem definição, criação e gerência da execução de *workflows* através do uso de software, executado em um ou mais motores de *workflow* (*workflow engine*), o qual é capaz de interpretar a

definição do processo, interagir com os participantes do *workflow* e, quando necessário, invocar ferramentas e aplicações de sistemas de informação”.

Eles visam prover:

- **Roteamento de trabalho:** possibilitando a definição da seqüência previa em que as atividades serão executadas. Geralmente, o participante do *workflow* recebe uma tarefa e, quando termina o processamento desta, a atividade seguinte pode ser iniciada. Se as atividades trabalharem com conjunto de documentos ou formulários comuns estes podem ser igualmente transferidos automaticamente para a próxima atividade. O roteamento pode ser seqüencial ou baseado numa decisão. Neste segundo caso um determinado teste ou regra será aplicado para determinar qual (ou quais) das atividades subseqüentes na definição do processo será executada.
- **Gerenciamento de Procedimentos:** procedimentos são sujeitos a mudanças contínuas. Um sistema de *workflow* deve prover meios para se redefinir (ou mesmo, definir) os passos do *workflow*, as seqüências dos passos, o caminho ao longo de certo passo e regras com as quais o caminho é determinado;
- **Distribuição do trabalho (alocação de atividades):** quando uma tarefa de um *workflow* é definida, em geral não se especifica um usuário para a execução, mas sim um papel, que pode ser assumido por várias pessoas em tempo de execução. Logo, faz-se necessário que, quando a atividade for instanciada, seja determinado o ator que irá executá-la representando o papel determinado. Essa escolha pode ser feita pela *engine*, ou então, manualmente, pelo gerente do *workflow* ou pelos próprios usuários aptos a executarem a tarefa;
- **Monitoramento e controle:** funções que fornecem informações sobre o *workflow* seu *status* atual de processamento, o responsável atual por sua execução, e quanto tempo ele está esperando na atividade atual. Isto ajuda a prevenir que determinados itens de trabalho fiquem parados em filas indefinidamente, principalmente, quando as atividades são escolhidas pelos participantes para serem executadas pelos mesmos.

- **Notificação:** o sistema notifica os usuários ou outros *workflows* sobre tarefas e estouro de tempo. Estouro de tempo ocorre quando:
 - a atividade possui um tempo determinado para ser executada e no término deste ela ainda não foi finalizada (ou mesmo iniciada);
 - a atividade possui uma data e horário de término e nesta data e horário ela ainda não foi finalizada (ou mesmo iniciada).
- **Priorização de tarefas:** A capacidade de priorizar tarefas é imprescindível em um gerenciador de *workflow*. Já uma política de execução das atividades baseada no modelo FIFO (*first in first out*), isto é, a tarefa é entregue aos participantes na ordem exata de sua introdução no WfMS, pode não ser sempre a melhor maneira, uma vez que determinadas tarefas possuem uma prioridade superior às demais;
- **Geração de dados estratégicos:** A utilização de sistemas de *workflow* pode reverter em benefícios estratégicos. Através da coleta e armazenamento de atributos chave de cada instância de *workflow* executada, pode-se criar uma base de dados que reflete a eficiência e a eficácia dos processos implementados pela organização. Isto, permite responder a perguntas como “Quanto tempo uma certa tarefa leva para ser executada?”, “Qual o tempo e o tamanho médio de fila de um determinado recurso?” ou “Qual recurso representa um ‘gargalo’ no processo?”. Com esses dados é possível justificar a aquisição do sistema de *workflow*, mostrando seu impacto positivo sobre a produtividade da organização e pode-se analisar profundamente o desempenho do processo atual, identificando inconsistências e fazer melhorias e correções sobre ele.

Vantagens do Workflow

A utilização da tecnologia de *workflow* e a introdução destes no gerenciamento de processos oferece muitas vantagens (BARROS 1997), entre elas podemos enumerar:

- **Aumento da eficiência:** A automatização dos processos resulta na eliminação de passos desnecessários aumentando assim a eficiência da organização.

- **Melhor controle do processo:** o gerenciamento eficiente do processo é conseguido através da padronização dos métodos de trabalho e da disponibilização dos dados estratégicos.
- **Melhora no serviço ao cliente:** A automatização dos passos gera uma maior consistência no processo conduzindo a uma melhor previsão das necessidades dos clientes, aumentando a satisfação destes.
- **Flexibilidade:** o controle automatizado provido pela aplicação do software sobre os processos garante uma visão mais abrangente destes permitindo o re-design de acordo com as necessidades do negócio.
- **Melhoria nos processos:** o foco em processos do negócio conduz à sua dinamização e simplificação.

Classificação de Workflows

Segundo (TRAMONTINA 2004), os diferentes tipos de *workflow* podem ser classificados de acordo com suas características.

a) Por tecnologia e estrutura empregadas

Tomando por base a tecnologia de controle e estrutura empregada eles podem ser:

- **Centrados em E-mail**

A característica fundamental, deste tipo de *workflow*, é ele ser representado por ferramentas *stand-alone* que roteiam documentos para os participantes dos processos através de sistemas de e-mail. Ou seja, os documentos são frequentemente anexados a mensagens de e-mail, distribuídas no decorrer de cada processo a seus participantes.

Este tipo permite uma implementação mais simples de soluções de *workflow* em processos pequenos, visto que estas são construídas para prover uma rápida definição e ativação de processos, que geralmente são de natureza seqüencial ou paralela. Além disso, essas soluções são pensadas de modo que possam ser utilizadas com o mínimo de treinamento e adaptação de pessoal não técnico.

- **Centrados em documentos**

Neste tipo a idéia é trazer as funcionalidades do *workflow* para os computadores de mesa, implementando essas funcionalidades em ferramentas cotidianas utilizadas no

trabalho diário. É geralmente um “pacote fechado”, ou seja, um tipo de ferramenta de *workflow* que poderia ser comprada em uma loja de softwares. Na verdade, não se compra a solução de *workflow* diretamente, mas se compram as ferramentas de escritório (como o *Microsoft Office*) que permitem a troca de documentos eletrônicos entre os participantes de um grupo de trabalho.

Ele é útil em casos onde os participantes trocam arquivos individuais, produzidos nas suas aplicações, como arquivos de texto ou de planilhas eletrônicas. Sua principal função está no compartilhamento desses arquivos. As funções de roteamento dos documentos são muito similares às do *workflow* centrado em *e-mail*, podendo ser utilizados *e-mail*, transferências de arquivos via rede, e outros meios.

- **Centrados em processos.**

Busca-se com ele reduzir o volume de papéis que tramitam durante os processos, reduzindo custos de processamento, armazenagem, busca e acesso aos mesmos e ganhando em agilidade e rapidez.

Eles não somente realizam o roteamento das pastas eletrônicas, como também se integram com gerenciadores de arquivos e bancos de dados, *e-mail*, *Internet*, e outras tecnologias para criar um ambiente maior de trabalho. Estes *workflows* implementam várias funções, como processamento de imagens, gerenciamento de bancos de dados, documentos, formulários e dados de produtos, gerenciamento de projetos e serviços de mensagens eletrônicas.

- b) Por estrutura e complexidade dos processos envolvidos**

Tomando por base a complexidade dos processos envolvidos podemos classificá-los como:

- **Administrativos:**

Possuem diversas características dos sistemas de produção (estruturados), porém são direcionados para atividades administrativas internas da organização. *Workflows* administrativos geralmente não são de missão crítica, visto que são menos exigentes em relação à confiabilidade, correção e integração com sistemas externos do que os *workflows* de produção. Como exemplo pode-se citar: avaliação de trabalhos submetidos a um congresso onde já se conhecem previamente os revisores.

- **Ad Hoc (Excepcionais ou Adaptativos)**

Esses sistemas são caracterizados por possuírem processos menos estruturados que os *workflows* de produção. *Workflow ad hoc* envolve coordenação, colaboração e decisão humana. A ordenação e decisões são realizadas enquanto o *workflow* está sendo executado. Não há um padrão pré-determinado de movimentação de informações entre pessoas. Não são considerados de missão crítica, visto que falhas periódicas não interferem significativamente no processo de trabalho como um todo.

- **De Colaboração**

Neste tipo de *workflow* ocorrem várias iterações em uma atividade até o consenso. Aqui, o principal enfoque é a capacidade de trabalho em grupo. Sistemas de *workflow* desse tipo são pensados para grupos que trabalham para a obtenção de objetivos comuns. Para isso, assuntos como comunicação via *Internet* entre os integrantes dos grupos estão incluídos. As definições dos processos não são rígidas, e podem sofrer modificações frequentemente.

- **De Produção**

Os sistemas de *workflow* classificados nesta categoria, destacam-se por serem bastante estruturados. Tipicamente, estão envolvidos com processos de informação complexos, onde existe a necessidade de acesso a múltiplos sistemas de informação (banco de dados). Essas aplicações, além de serem bastante estruturadas, são consideradas de missão crítica para a empresa, ou seja, são consideradas como sendo o principal processo de negócio da organização.

2.5.4 *Modelos de Workflow*

Os modelos de *workflow* pode ser agrupados em dois grupos distintos:

- **Baseados em atividades**

Nos quais o trabalho é visto como uma seqüência de atividades, onde cada uma recebe um conjunto de entradas e produz um conjunto de saídas (Trigger Model).

- **Baseados em comunicação**

Onde o trabalho é visto como um conjunto de interações humanas bem definidas, representando os compromissos assumidos entre as pessoas (*Action Model*).

2.5.5 Modelagem de Processos

Para que possamos submeter um determinado processo a uma ferramenta de gerenciamento é necessário, antes, procedermos a uma modelagem deste processo determinando os passos que o compõe, qual a seqüência em que estes passos devem ser executados e quais as condições que influenciam nesta seqüência de execução. Esta modelagem pode ser feita de forma gráfica (grafo orientado) ou textual (*script*).

A modelagem gráfica utiliza figuras, para representar tarefas e condições, e arcos, para representar os passos seqüenciais entre as tarefas e condições, conforme mostrado na Figura 4. Para este tipo de modelagem são definidos padrões de simbologia e a cada figura são associados dados pertinentes a sua identificação e aos detalhes processo:

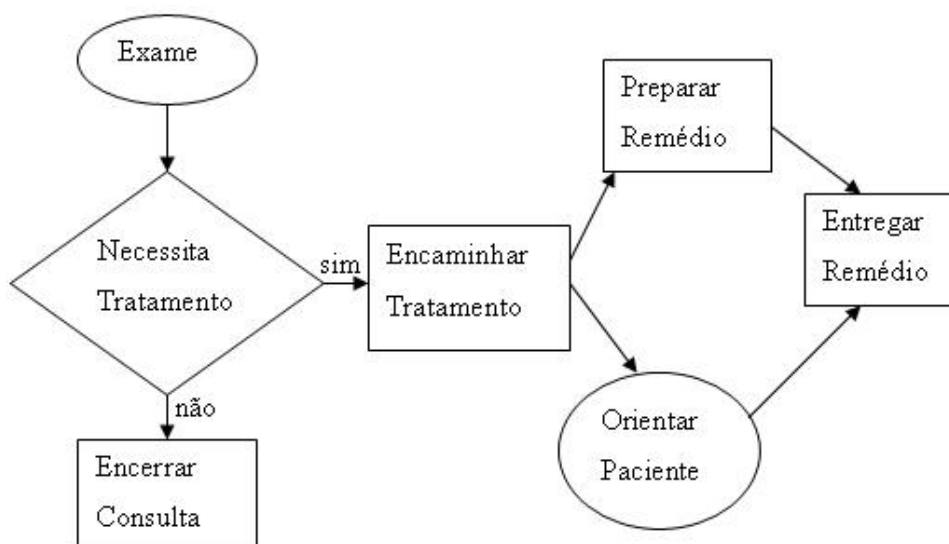


Figura 4 - Exemplo de Modelagem gráfica de Processos.

A modelagem textual utiliza funções e parâmetros como em um programa estruturado permitindo assim o controle do fluxo de atividades e englobando os dados envolvidos:

Iniciar_workflow();

Comece_atividade('Efetuar Exame');

Quando(ATV_CORRENTE, TERMINAR)

Comece_atividade('Diagnosticar Necessid. Tratamento');

```

Se (RESULTADO_ATV_CORRENTE = 'SIM') então
    Comece_atividade('Encaminhamento para Tratamento');
Senão
    Comece_atividade('Encerrar Consulta');
Se (ATV_CORRENTE.NOME = 'Encaminhamento para Tratamento') então
{
    Quando(ATV_CORRENTE, TERMINAR)
        Comece_atividade('Preparo de Medicamentos', 'Orientar Paciente');
    Quando(ATV_CORRENTE, TERMINAR)
        Comece_atividade('Entregar Medicamentos ao Paciente');
    Quando(ATV_CORRENTE, TERMINAR)
        Terminar_workflow();
}
Senão
    Quando(ATV_CORRENTE, TERMINAR)
        Terminar_workflow();

```

A modelagem gráfica oferece uma definição de processos mais amigável e intuitiva permitindo ao especialista a visão clara do fluxo das atividades com suas propriedades e restrições. Entretanto, se implementadas de forma consistentes e padronizadas, ambas podem ser utilizadas com o mesmo resultado visto que a *engine*, que será responsável pelo processamento dos modelos, trabalhará com os dados gerados pelo modelo e não com a sua representação gráfica ou textual.

2.5.6 Organizações Padronizadoras

Devido à importância e ao uso largamente difundido, a tecnologia de *workflow* careceu, assim como outras tecnologias, de padronizações para a sua integração com o mundo tecnológico já existente. Algumas organizações que trabalham com este propósito.

Object Management Group - OMG

A OMG é uma organização internacional, sem fins lucrativos, que produz e mantém especificações de padrões de desenvolvimento e interoperabilidade de

softwares. Foi fundada em Abril 1989 por um consórcio de 11 empresas. Tem hoje aproximadamente 800 membros, espalhados pelo mundo (OMG 2005).

A missão desta organização é: Promover e desenvolver o mercado de softwares orientados a objetos com o desenvolvimento de padrões de interoperabilidade para este segmento. Entre seus padrões podemos citar: *CORBA*, *UML*, *XMI*, *MOF*, etc.

Workflow Management Coalition - (WfMC)

A *WfMC* é uma organização Internacional, sem fins lucrativos, de fornecedores, usuários, analistas e grupos universitários de pesquisa em *workflow*. Ela foi fundada em Agosto de 1993 e tem hoje mais de 300 membros, espalhados pelo mundo (*WfMC* 2005).

Esta organização tem como missão: Promover e desenvolver o uso de *workflow* através do estabelecimento de padrões de software quanto à terminologia, interoperabilidade e conectividade entre produtos de *workflow*.

A *WfMC*, sendo um consócio de desenvolvedores, trabalha na padronização das interfaces de comunicação entre as diferentes partes propostas para um sistema de *workflow*. Estas interfaces são mostradas na Figura 5.

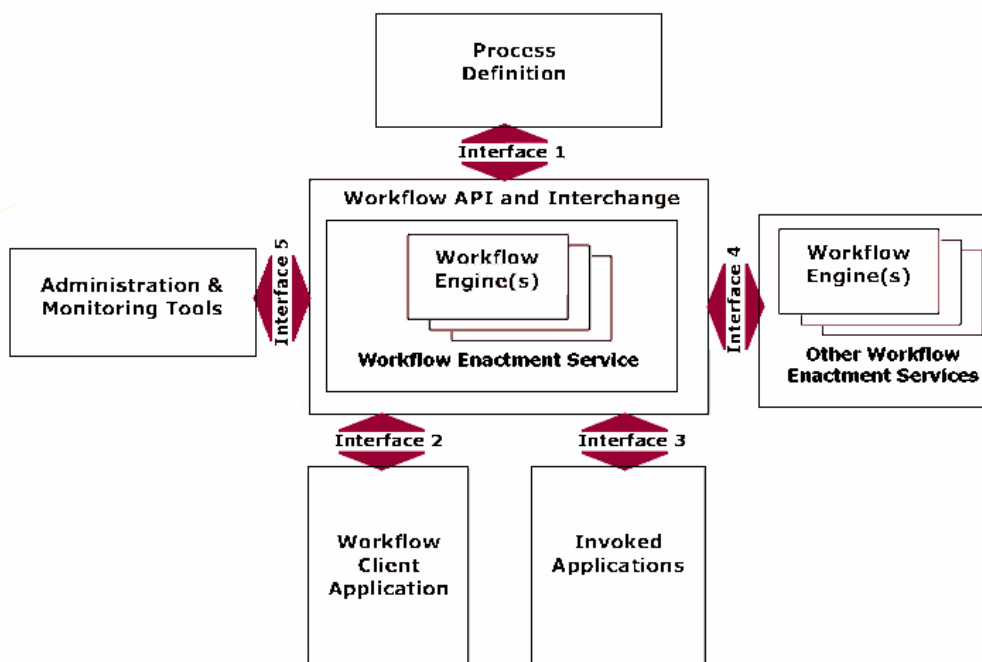


Figura 5 - Modelo de Referência de *WfMC* (*WfMC* 2004)

Para o desenvolvimento destas interfaces os associados são agrupados e o trabalho é distribuído. Existe um grupo para definir as padronizações da organização quanto a modelo de referência e glossário (vocabulário específico), um grupo para cada interface específica (de 1 a 5) e um grupo para definir e verificar a adequação dos trabalhos desenvolvidos nesta área ao padrão criado (*WfMC* 2005), como mostrado a seguir.

Reference Model & Glossary

Especificação de estruturas de sistemas de *workflow*, identificando características, funções e interfaces. Desenvolvimento de padrões de terminologia para *workflow* (*WfMC* 2005).

Interface 1 - Process Definition Tools

Definição de uma interface padrão entre a definição de processos de modeladores e as *workflow engines* (*WfMC* 2005). Esta interface define:

- Um meta-model mínimo que descreve os principais objetos a serem utilizados para definições de processos, seus relacionamentos e atributos. Ele identifica as entidades comuns a processos e descreve sua semântica de uso.
- A Workflow Process Definition Language (WPDL) que prove uma linguagem formal para definição e intercambio das definições de processos utilizando objetos e atributos definidos no meta-model.
- APIs para garantir a manipulação dos atributos de cada entidade das definições de processos. Estas APIs são definidas na especificação das aplicações clientes.

A Figura 6 mostra a utilização do *meta-model* com diferentes tipos de interfaces e representações:

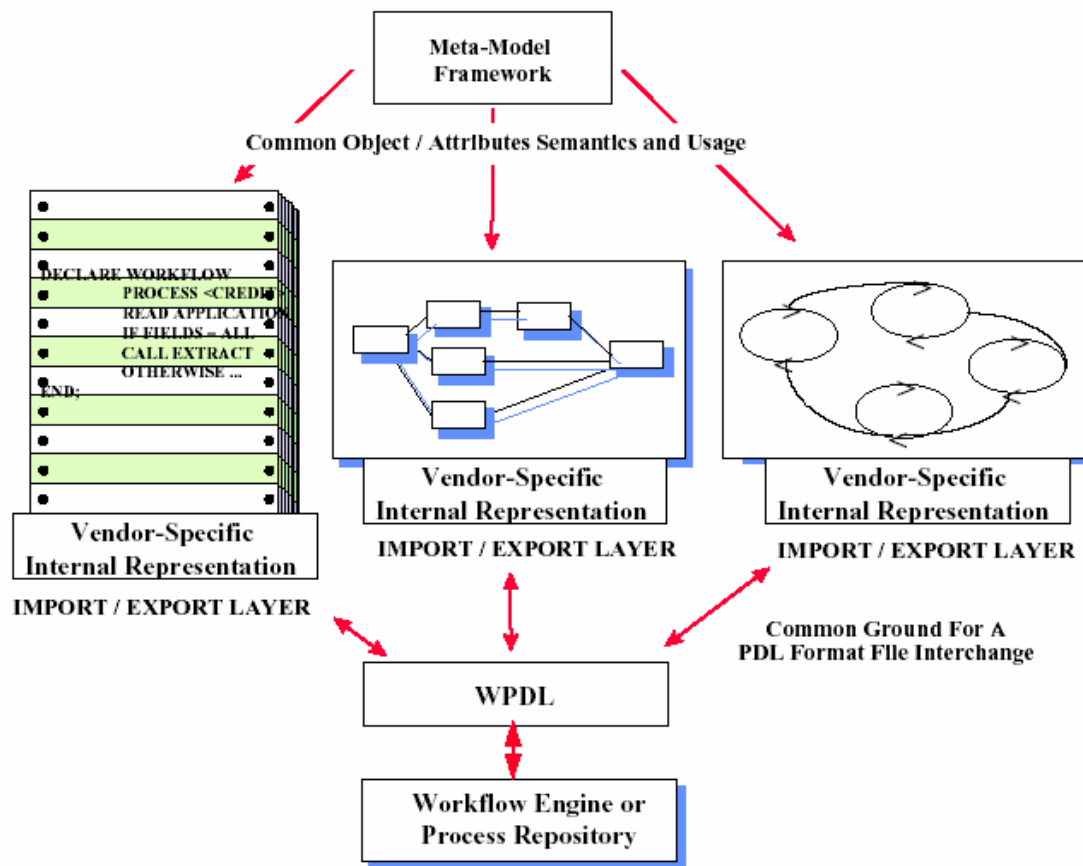


Figura 6 - Comunicação entre Ferramentas de Modelagem e *Engines*(WfMC).

O *meta model* identifica um conjunto de objetos e atributos para suportar características comuns de definições de processos. Um pequeno subconjunto é composto por elementos obrigatórios, o restante compreende elementos comuns porem opcionais.

A extensibilidade é garantida pela facilidade de inclusão de atributos e objetos adicionais (*extended attributes*) os quais podem ser incluídos como uma extensão ao *meta-model* básico de acordo com a necessidade de cada produto de *workflow*. Estes atributos podem ser adicionados ao *meta-model* principal de uma forma padronizada pela *WPD L* conforme mostrado na Figura 7.

Interface 1: The Process Definition Interchange - Process Model

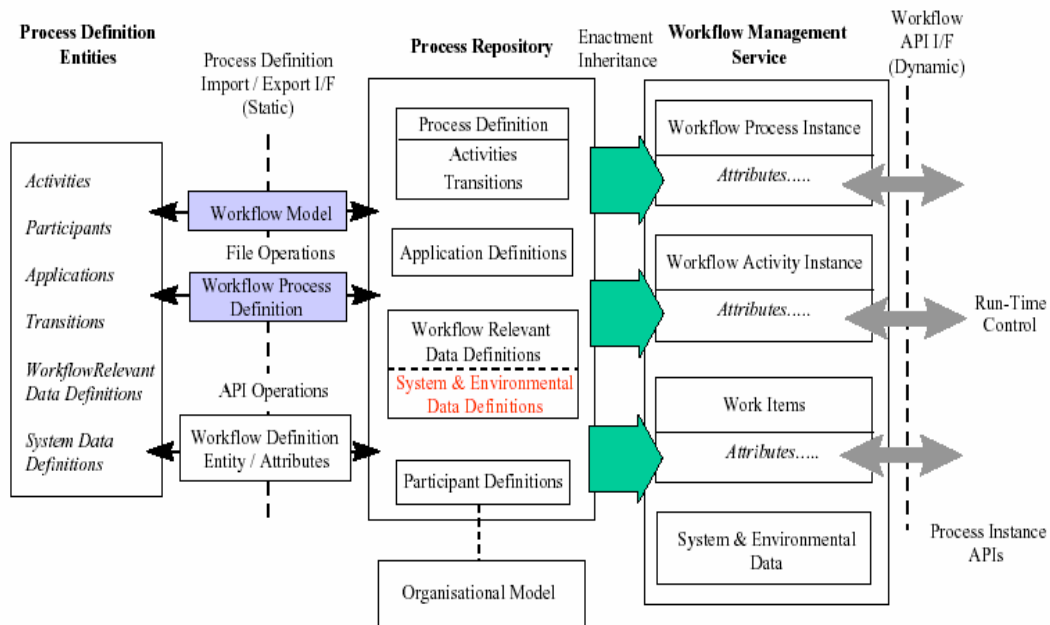


Figura 7 - Processamento padrão entre a modelagem e as engines.

Conjunto básico de entidades e atributos.

- Workflow Process Definition
- Workflow Process Activity
- Transition Information
- Workflow Participant Declaration
- Organizational Model
- Workflow Application Declaration
- Workflow Relevant Types
- Workflow Relevant Data
- System & Environmental Data
- Data Types and Expressions

Para cada conjunto de entidades e atributos a *WfMC* (*WfMC* 2005) propõe os padrões mínimos conforme mostrado na Figura 8:

Workflow Model Definition	Workflow Process Definition	Workflow Process Activity	Transition Information	Workflow Application Declaration	Workflow Relevant Data	Workflow Participant Definition
- Id - Name - Description	- Id - Name - Description	- Id - Name - Description	- Id - Name - Description	- Id - Name - Description	- Id - Name - Description	- Id - Name - Description
- WPDL-Version - Source Vendor ID - Creation Date - Version - Author - Characterset - Codepage - Country Key - Publication Status	- Creation Date - Version - Author - Characterset - Codepage - Country Key - Publication Status - Valid From Date - Valid To Date - Classification	- Characteristic - Automation Mode		- Tool Name	- Type	- Type - type related information
- Extended Library - Conformance Class	- Extended Library	- Split - Join - Loop - Inline Block				
	- Parameters		- Condition	- Parameters	- Value	
- Responsible - External Model Ref - Access Restriction	- Responsible - Access Restriction	- Participant assignment - Implementation - Application assignment - Access Restriction	- From - To			
- Documentation - Icon	- Documentation - Icon	- Documentation - Icon				
- Priority Unit - Cost Unit - Duration Unit -	- Priority - Duration - Cost - Waiting Time - Working Time	- Priority - Instantiation - Duration - Cost - Waiting Time - Working Time				- Strategy - Capacity - Cost - Prepare Time

Figura 8 - Tabela de Entidades e Atributos padronizados (WfMC) .

Interface 2 - Workflow Client Application

Este grupo pesquisa e propõe definição de *APIs (Application Program Interface)* para aplicações clientes para interação com as *workflow engines*. Através desta interface ferramentas clientes podem interagir com diferentes *workflow engines*.

Interface 3 - Invoked Application

Este grupo trabalha para prover um padrão de interface entre *APIs (Application Program Interface)* que permita a uma *workflow engine* chamar diretamente uma variedade de aplicações, através de um agente de software comum (*WfMC 2005*). Através destas interfaces padronizada as *workflow engines* podem invocar aplicações externas conforme a necessidade do processo utilizando:

- DDE (Dynamic Data Exchange).
- OLE (Object Linking and Embedding).
- CORBA (Common Object Request Broker Architecture).
- Etc.

Interface 4 - Workflow Interoperability

O grupo de pesquisa responsável por esta interface busca padronizar as definições de interoperabilidade entre diferentes modelos de *workflow engines* e os atributos e métodos correspondentes a estas para suportar o intercambio de processos(*WfMC 2005*).

Tipos de Workflows

A *WfMC*, em seus estudos, identifica alguns modelos de interoperabilidade entre *workflows*(*WfMC 2005*). A seguir, nas figuras 9, 10 e 11, ilustramos graficamente estes modelos para um melhor entendimento de sua definição:

- *Chained Workflows*: Workflows encadeados sequencialmente.

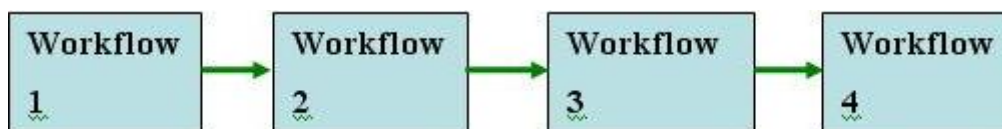


Figura 9 - *Chained Workflows*.

- *Nested Workflows*: Workflows aninhados.

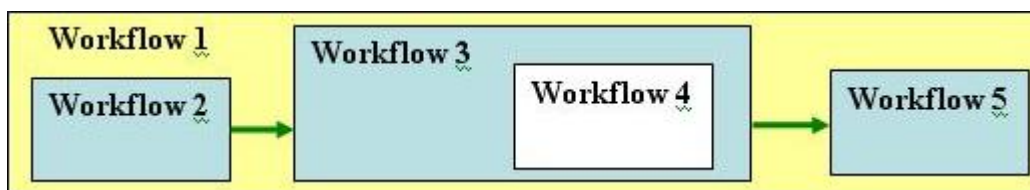


Figura 10 - *Nested Workflows*.

- *Parallel-synchronized workflows*: Workflows paralelos e sincronizados.

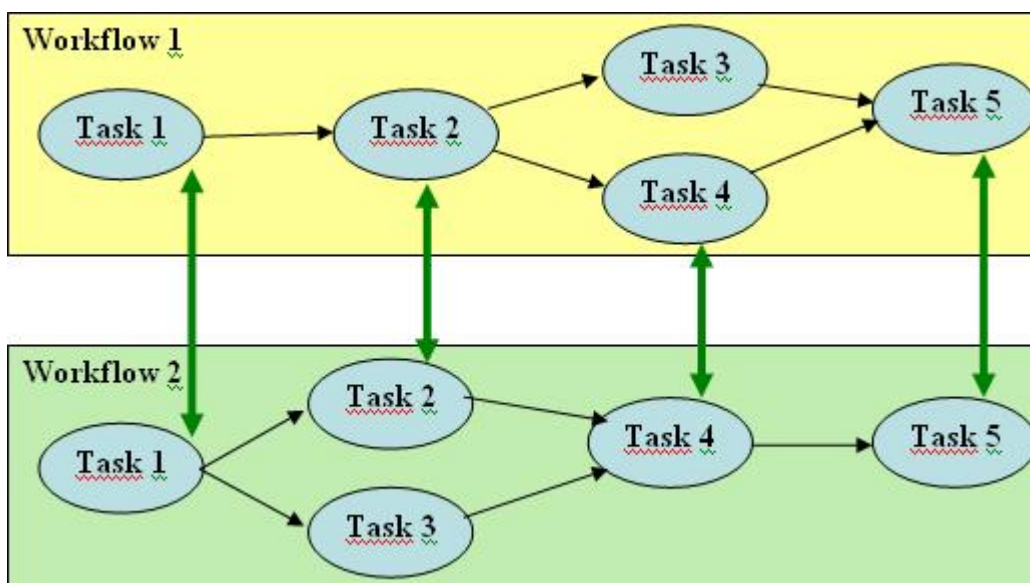


Figura 11 - *Parallel-synchronized workflows*.

Níveis de Interoperabilidade

A *WfMC* identifica oito níveis de interoperabilidade entre produtos de *Workflow*. Os níveis são diferenciados pelas características operacionais e de arquitetura de implementação das diferentes *engines* de *workflow* (*WfMC* 2005).

Level 1 – Nenhuma interoperabilidade. Este nível é caracterizado por produtos que não tem nenhum meio de comunicação com outros produtos e nem oferecem possibilidades de implementação de comunicação.

Level 2 – Coexistência. Não existe um padrão de interoperabilidade implementado neste nível. Entretanto os produtos de diferentes fornecedores coexistem em uma plataforma comum, existindo a possibilidade de comunicação, a ser implementada.

Level 3 – *Gateway* comum. Neste nível contempla-se uma ferramenta de *gateway* comum sendo responsável por ligar várias *engines*, de diferentes fornecedores.

Level 3a – Interfaces de aplicação comuns nos *gateways*. Cada *engine* possui um *gateway* mas o padrão de interface de aplicação é comum a todas.

Level 4 – Interface de aplicação das *engines* com um sub-conjunto de funções comum. Algumas das funções de comunicação, das diferentes *engines*, têm o mesmo padrão permitindo comunicação direta.

Level 5 - Interface de aplicação das *engines* com mesmo padrão. Todas as *APIs* entre *engines* implementam o mesmo conjunto de funções.

Level 6 – Formato de definição compartilhado. Os padrões de definição de processos são comuns entre todas as *engines* envolvidas no processo.

Level 7 – Compatibilidade de protocolo. Todas as *APIs* das *engines* compartilham o mesmo padrão de protocolos de comunicação.

Level 8 – Compatibilidade de protocolo e interface de apresentação. Todas as *engines* têm padrão comum, inclusive de interface com o usuário.

Wf – XML 2.0

O *Wf-XML* é um padrão de comunicação construído sobre *ASAP* que visa prover uma comunicação eficiente entre as *engines* em um ambiente distribuído (*WfMC* 2005).

ASAP (*Asynchronous Service Access Protocol*) é um protocolo de serviços web usado para acessar serviços que devem levar um longo tempo para serem completados. Ele foi desenvolvido pela *OASIS* (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*).

O *ASAP* trabalha conexões de serviços de longa duração – de minutos a meses. O serviço pode ser total ou parcialmente automatizado o que facilita interação B2B, permitindo que os processos sejam iniciados, envolvam pessoas e sejam finalizados algum tempo mais tarde. Uma *engine* de gerenciamento de processos de negócios pode ser conectada facilmente a outra utilizando *Wf-XML*, sendo monitorada, pelas funcionalidades do *ASAP*.

Interface 5 - Administration & Monitoring Tools

O grupo responsável pelo desenvolvimento da interface com as ferramentas de Monitoração e Administração busca fazer a definição e padronização de funções de monitoramento e controle dos *workflows*, especificando as informações que devem ser coletadas e armazenadas, dos vários eventos ocorrendo durante o processamento dos *workflows* (WfMC 2005).

Eles não definem como os dados serão armazenados, mas sim que informação deve ser disponibilizada. Esta informação é chamada de *Common Workflow Audit Data* (CWAD).

A padronização visa permitir a análise consistente dos dados entre produtos de *workflow* heterogêneos. De posse da informação contida no CWAD, pode-se determinar tudo o que ocorreu no processo gerenciado pelo *workflow*.

Conformance

Um grupo de pesquisadores trabalha no desenvolvimento da política da WfMC sobre a Conformidade de Produtos de *Workflow*, com as especificações desta, e a certificação de fornecedores (WfMC 2005).

A WfMC pretende estabelecer um Centro de Testes de Conformidade externo. Ele estará centrado na *Doculabs* (USA) e vai prover verificação independente das conformidades dos produtos de fornecedores de sistemas de *workflow* com as especificações de interface da WfMC.

Uma empresa não pode se intitular em conformidade com padrões da WfMC sem a autorização desta. A autorização é dada somente após o teste de conformidade que é definido pela organização e aplicada por empresas autorizadas (WfMC 2005).

2.6 Configuração e Planejamento

Sistemas de Gerenciamento de *Workflows* devem ter a capacidade de com base em um planejamento, representado pelos modelos de processo, fazer a alocação dos recursos que melhor atendam à necessidade procedendo assim à configuração do cenário a ser gerenciado (PLESUMS 2005).

Aqui são apresentadas algumas definições acerca de configuração e planejamento, objetivando mostrar a relação de conceitos existente entre estas técnicas e sistemas de gerenciamento de *workflow*.

Para procedermos a uma solução computacional de um problema do mundo real precisamos fazer uma abstração deste. De outra forma, a solução não seria possível em função do infinito número de variáveis, regras e possíveis estados comuns ao ambiente natural. Entretanto, transformando este problema em algo específico, reduzimos a complexidade, tornando viável uma solução computacional (RUSSELL e NORVIG 1995).

No contexto de gerenciamento de processos, os problemas podem ser abstraídos e representados através das técnicas de Planejamento e Configuração. Nestes problemas geralmente se busca a organização do trabalho em passos bem definidos e a distribuição racional de recursos, materiais e profissionais (GÜNTER 1991).

Para a representação do conhecimento e a conseqüente delimitação do problema, podem ser utilizados os conceitos de planejamento. A principal vantagem desta técnica é simplificar e restringir a um universo específico o escopo do problema. Configuração é uma técnica englobada no conceito de planejamento que aplicada aos problemas representados por este, procede à sua adequação ao ambiente (GÜNTER 1991).

Considerando que soluções computacionais inteligentes, para problemas humanos comuns, consistem em uma tarefa não-trivial o emprego de técnicas de planejamento e configuração representa uma alternativa viável e muito utilizada na resolução de problemas específicos (RUSSELL e NORVIG 1995).

2.6.1 Conceituação

De acordo com Doyle (DOYLE 1998), solucionar um problema compreende desenvolver uma seqüência de procedimentos que levem a atingir de uma determinada meta. Todavia, para que a meta seja plenamente atingida, os procedimentos necessitam de uma correta coordenação, que pode ser alcançada através de um planejamento.

Segundo ele planejar é o ato de decidir o correto curso de uma ação antes de executá-la. A representação desse curso de forma concisa e detalhada gera o plano de ação e consiste em uma seqüência de operadores, os quais levam ao alcance das metas propostas.

As técnicas de planejamento e configuração se caracterizam por propiciar a criação de estratégias para a solução de problemas. Ela prevê os estados futuros do problema, objetivando mapear possíveis seqüências de procedimentos (operadores) para

o alcance da meta pretendida. Os benefícios do emprego destas técnicas são inúmeros. Entre eles destacamos três que são de fundamental importância:

- Menor tempo de processamento para a realização da tarefa;
- Eliminação de conflitos entre procedimentos;
- Possibilidade de caminhos alternativos e ou backtracking (RUSSELL; NORVIG, 1995).

Porém, para todo e qualquer problema, existem várias possíveis seqüências de procedimentos que poderiam ser aplicadas para a solução. A escolha de uma ou outra seqüência de procedimentos é dependente do estado do ambiente de aplicação no momento da decisão. Assim, para que se decida pela melhor seqüência, é necessário avaliar todas as possíveis descartando as irrelevantes até encontrar a mais adequada. Este mecanismo de seleção da melhor opção, com base em uma lista de parâmetros, dentro de um conjunto de possibilidades é implementada através das técnicas de configuração (BARRET 1994).

A principal característica das técnicas de configuração são as buscas sucessivas a uma base de conhecimento extensa, porém finita e bem definida. Com isto busca identificar as características de cada elemento constante no universo do problema (RICHTER, 1991). Estas características específicas fornecem as informações para o atendimento ou não do conjunto de requisitos. Através da aplicação de um conjunto de regras lógicas sobre estas informações é eleito, então, o elemento que melhor atende à necessidade em uma dada situação. O processo de configuração pode ser visto e entendido, de forma lógica, como um algoritmo recursivo. Sua condição de parada é o momento em que, no estado final, todos os requisitos são satisfeitos (Figura 12).

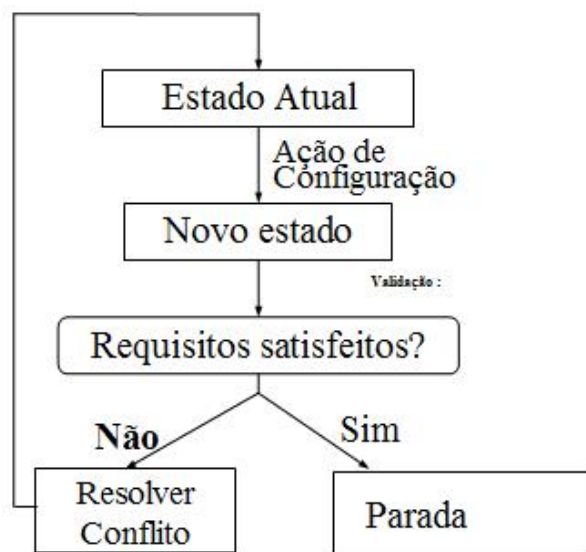


Figura 12 - Algoritmo de Configuração

2.6.2 Tipos

Planejamento é um conceito que, devido ao longo tempo de utilização, tem apresentado uma natural evolução. Com isto, um grande número de técnicas e ferramentas foi desenvolvido agregando novas facetas às definições originais e novas variáveis aos modelos propostos.

Hoje, estes modelos podem ser subdivididos em classes quanto à forma de organização e quanto à linearidade da execução (DOYLE 1998). Desta forma temos:

Quanto à organização:

- Sistemas de planejamento hierárquico e
- Sistemas de planejamento não-hierárquico

Quanto à linearidade da execução:

- Sistemas lineares e
- Sistemas não-lineares

2.6.3 Planejamento Hierárquico

Estes modelos se caracterizam por propiciar um planejamento das ações para a consecução das metas com base em um crescente nível de refinamento, como numa hierarquia. Com isto, o plano de ação resultante se apresenta estruturado como uma árvore. Cada nodo dentro desta árvore representa uma meta podendo conter em si outras metas mais específicas (mais refinadas), representando uma especialização do problema. (RUSSELL e NORVIG 1995).

Por exemplo, uma meta: {Atendimento (Paciente)}. Ela pode ser decomposta em outras metas mais específicas, que representariam os passos para este processo assim: {Admissão (Paciente); Consulta (Paciente); Diagnostico (Doença); Prognostico (Doença)}. O procedimento Admissão (Paciente) pode derivar as metas {Cadastro (Paciente); Pré_avaliação (Paciente)}. O procedimento Pré_avaliação (Paciente) poderia, ainda ser decomposto em {Pesar (Paciente); Medir_pressão (Paciente); Medir_febre (Paciente)} e assim sucessivamente, em um constante processo de refinamento até um detalhamento suficiente para representar uma solução plausível.

Este modelo permite abstrair passos não relevantes em um dado momento objetivando prover uma visão geral do problema. Ele simplifica o processo de busca e raciocínio através da representação de tarefas mais vagas. Para isto não precisa percorrer cada uma das metas específicas a serem alcançadas no problema.

2.6.4 Planejamento Não-hierárquico

Este modelo não faz uma distinção entre metas de alto nível e metas específicas, ou seja, não há o conceito de derivação (especialização) de tarefas. Nele, todas as metas a alcançar são definidas como as mais específicas possíveis. O modelo é pouco usado atualmente, em função de uma série de desvantagens advindas do fato de não haver essa relação de hierarquia e de não ser possível abstrair partes irrelevantes quando conveniente (RUSSELL e NORVIG 1995).

2.6.5 Planejamento Linear

Linearidade, no contexto de planejamento, significa a não-existência de múltiplas seqüências de tarefas em um mesmo processo. Desta forma as ações contidas em planejamentos lineares têm entre si uma forte relação de sincronia temporal. Duas

ou mais ações nunca são planejadas para uma execução simultânea. A execução de uma tarefa é condicionada ao término da anterior e assim sucessivamente.

Neste modelo a realização das metas é atingida através de uma única seqüência de processamento, caracterizada pela ausência de quaisquer bifurcações ou execução paralela de tarefas. Com isto evita-se a necessidade de qualquer tomada de decisão no momento de processamento (NILSSON e FIKES 1970).

2.6.6 Planejamento Não-linear

Contrários ao planejamento linear, os sistemas de planejamento não-linear admitem as metas sejam alcançadas através de um ou mais caminhos de execução, simultâneos ou não. Como resultado disto, as atividades destes processos podem apresentar diferentes tipos de dependência temporal. Em alguns momentos devem ser executadas em seqüência em outras em paralelo. A grande vantagem está na possibilidade de uma execução de maneira assíncrona, possibilitando a representação mais ampla e realista dos processos (RUSSELL e NORVIG 1995).

2.7 Truth Maintenance Systems (TMS)

Segundo Doyle (DOYLE 1979), *TMS (Truth Maintenance Systems)* que, traduzindo, significa Sistemas de Manutenção da Verdade, é uma técnica de inteligência artificial que oferece meios de representação do processo de raciocínio na solução computacional de problemas do mundo real. Seus princípios se baseiam no fato de que o processo de raciocínio se desenvolve de forma a ter um conjunto de justificativas que corroborem a decisão e ou a não ter nenhuma justificativa para o seu cancelamento. Ele é implementado através de procedimentos de busca que mapeiam o processo de raciocínio em um problema lógico.

Esta técnica oferece um modelo para a aplicação do planejamento tomando cada decisão em função de suas razões. Neste contexto procede à necessária alteração da decisão quando e se qualquer uma destas razões for alterada (DOYLE 1979).

De acordo com McAllister (McALLISTER 1990), as técnicas de *TMS* podem oferecer uma solução viável para a necessidade de justificativas a uma determinada decisão. Ela permite também o retorno no fluxo de atividades (*backtracking*) fazendo a propagação de alterações e possibilitando assim, num contexto de *workflow*, possíveis

re-alocações. As principais vantagens de um sistema de planejamento utilizando *TMS* são:

- Manutenção do caminho de dependência entre ações e variáveis, o que permite o retorno (backtracking) cronológico ou por dependência;
- Propagação das novas entradas por todo o contexto de planejamento já estabelecido, através das dependências;
- Possibilidade de fácil localização de toda e qualquer causa de inconsistência.

2.7.1 Representação

Existem diferentes formas de representação de um sistema de TM. No âmbito do planejamento, que é a área de interesse deste trabalho, a melhor representação é a que representa o status de cada passo do processo em função de suas razões positivas e ou negativas.

Cada decisão, ou ação, dentro deste modelo, é representada com duas listas de justificativa. A primeira lista, denominada “*in-list*”, registra as necessidades ou pré-condições que devem ser atendidas para a liberação da ação planejada. A segunda lista, denominada “*out-list*”, registra as situações ou fatos que, se ocorrerem, irão cancelar a ação planejada (DOYLE 1979) conforme exemplo na Figura 13.

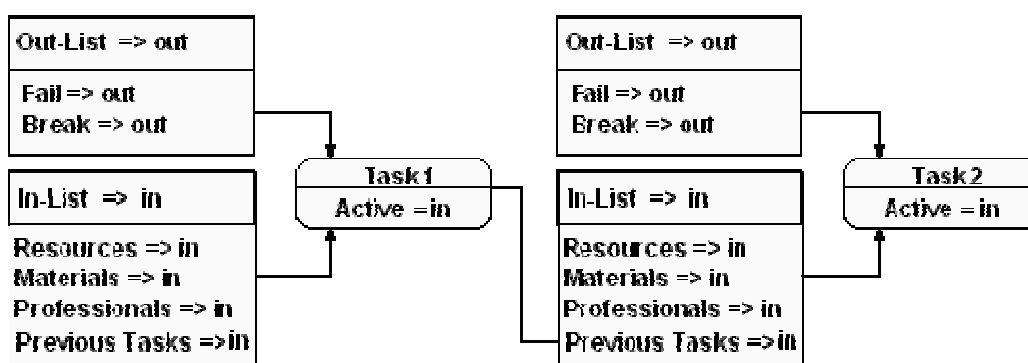


Figura 13 - Planejamento de ações baseado em *TMS*

2.7.2 Aplicação

Geralmente o conceito de *TMS* é utilizado para manter a integridade lógica de conclusões e decisões em sistemas de inferência (McALLISTER 1990).

No contexto de planejamento como solução de problemas existem três possíveis cenários:

- Planejamento Estático: Todo contexto é previamente definido e configurado e nunca muda
- Planejamento Monotônico: Tem um planejamento coerente e não permite alteração, mas apenas a adição de novas ações, portanto, as mudanças existem, mas não afetam o contexto inicial.
- Planejamento não-Monotônico: Permitem a alteração dinâmica das ações e oferecem a possibilidade de invalidar resultados prévios. As mudanças posteriores podem alterar decisões prévias.

Os dois primeiros cenários não requerem um sistema de manutenção da verdade para garantir a sua coerência. Já o terceiro caso, que é o mais próximo das situações de planejamento real, por sua característica dinâmica, carece de um sistema de controle específico para o gerenciamento.

Um modelo de planejamento suportado por técnicas de *TMS* é adequado para este contexto. Ele permite tratar as mudanças dinâmicas do cenário através da propagação e ou *backtracking*. Possibilita, também, através destes mesmos mecanismos, a localização das causas de qualquer alteração ou problema.

2.7.3 Tipos

Os conceitos de *TMS* são aplicados de diversas maneiras e com variações em suas implementações resultando assim em diferentes tipos de sistemas os quais apresentam características diversas (McALLISTER 1990).

- **BCP – Boolean Constraint Propagation**

É a implementação base para os sistemas de manutenção da verdade. Permite a propagação dos valores *booleanos* através dos eventos encadeados. Através deste mecanismo o status de um evento em qualquer ponto da cadeia de eventos irá sempre representar a verdade em relação a suas pré-condições e restrições. Qualquer mudança em um evento prévio será automaticamente percebida.

- **ATMS – Assumption Based TMS**

Trabalha com a previsão ou suposição de vários possíveis cenários para uma mesma situação (diferentes conjuntos de valores *booleanos* para suas variáveis). Em cima destes possíveis cenários é aplicado o conceito de *TMS*. O significado de cada cenário não é levado em conta. Esta implementação só é possível para problemas específicos devido ao fato de que em muitos problemas o número de possíveis cenários tornaria a solução inviável ou desinteressante em função de seu alto tempo de processamento.

- **JTMS – Justification Based TMS**

Assim como o *ATMS*, a implementação de *JTMS* também trabalha com a previsão de cenários e não leva em conta o significado de cada cenário. A diferença é que nesta modalidade busca-se oferecer justificativas a cada decisão permitindo a consulta do conjunto de variáveis que levaram a uma ou outra escolha. Esta forma de implementação é a que melhor atendeu às nossas necessidades permitindo basear as decisões em um conjunto de variáveis e perceber a modificação sempre que qualquer das variáveis é alterada.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo é descrito todo o método de trabalho adotado e utilizado para a implementação da solução proposta.

3.1 Tipo de pesquisa

O trabalho realizado teve características científicas de duas linhas de pesquisa:

Pesquisa teórica: por buscar provar a teoria de que a aplicação dos conceitos de Workflow, em conjunto com técnicas de Planejamento e Configuração bem como técnicas de Raciocínio, poderia oferecer uma solução ao gerenciamento otimizado

Pesquisa experimental: por se propor a verificar o impacto real desta solução em um ambiente médico hospitalar.

3.2 Divisão do trabalho

A estratégia adotada para a execução do projeto foi a divisão deste em fases distintas e a integração coordenada entre o corpo clínico das instituições médicas envolvidas (DMI e HU), e o pessoal técnico e científico dos laboratórios de informática.

3.2.1 Organização das atividades

A necessidade de uma solução para o gerenciamento hospitalar foi levantada com base em informações da equipe médica do hospital HU e visitas aos setores do hospital. Foram entrevistados médicos, técnicos e enfermeiras, de diversos setores do hospital, buscando entender a rotina hospitalar, levantar os problemas enfrentados e vislumbrar as necessidades envolvidas.

Com base na definição do problema buscaram-se informações sobre tecnologias que permitissem a sua solução tais como:

- Tecnologia de workflow;
- Técnicas de configuração e planejamento;
- Técnicas de elicitação e modelagem de processos;

- Técnicas de simulação de raciocínio lógico;
- Redes de computadores;
- Protocolos de comunicação;
- Redes Wireless.

O estudo destes assuntos permitiu visualizar uma solução efetiva através da combinação de seus conceitos.

Paralelamente ao levantamento bibliográfico foi desenvolvida uma detalhada análise de requisitos do sistema a ser desenvolvido. Esta análise foi realizada com o apoio da equipe clinica da radiologia do Hospital Universitário (HU/UFSC).

Com base no levantamento teórico e a análise de requisitos foi desenvolvido um protótipo da solução com vistas aos testes e validação. Este protótipo foi desenvolvido em módulos, cada módulo com uma função específica no sistema de gerenciamento:

- **Workflow Designer:** Responsável pela modelagem gráfica dos processos de workflow e sua tradução para um conjunto de dados compreensíveis pelo motor de workflow (*Workflow Engine*). Foi desenvolvido na linguagem Smalltalk utilizando a ferramenta Visual Works.

- **Workflow Engine:** Responsável pela interpretação dos modelos de workflow, gerados pela Workflow Designer, pela instanciação dos processos, alocação de profissionais e recursos e gerenciamento dos dados. Foi desenvolvido em Smalltalk utilizando a ferramenta Visual Works.

- **Workflow Client:** Responsável pela interação com a *Workflow Engine*, solicitação de procedimentos e disponibilização dos dados. É através deste módulo que os usuários (médicos, enfermeiras e ou técnicos) interagem com o ambiente de gerenciamento. Foi desenvolvida em PHP utilizando a ferramenta EditPlus.

A validação básica das ferramentas, componentes da solução, foi feita quanto ao atendimento dos requisitos levantados inicialmente. Verificou-se um pleno atendimento aos requisitos propostos.

Para a validação científica da solução foram feitos testes práticos simulando entradas de pacientes e solicitação de diferentes processos. Como dados de ambiente foi utilizado o levantamento físico do setor de Radiologia da Clinica DMI, focando a modalidade de Ultra-sonografia. Foram levantados, neste ambiente, dados sobre:

- **Recursos disponíveis:** Quantidade, capacidade, características, tempo de operação, restrições.
- **Profissionais:** Quantidade, especialidades, habilidades, horários de trabalho, restrições.
- **Processos:** Tipos de processos, sequência de tarefas de cada processo.
- **Tarefas de um processo:** Descrição de sua realização, tempo necessário para sua realização, característica de recursos necessários a cada tarefa, habilidades de atores necessários a cada tarefa, dependência temporal entre tarefas, prioridade de cada tarefa no contexto do processo.

Com base nestes dados os processos foram modelados e carregados na Workflow Engine. Foram criados pacientes fictícios para execução dos testes e disparadas cargas de solicitações analisando-se estatisticamente os resultados obtidos.

O teste prático permitiu a obtenção de uma visão clara sobre os detalhes da ferramenta permitindo o refinamento dos requisitos gerando, assim, necessidades de modificações e ajustes das ferramentas desenvolvidas.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados para validação se deu por meio de simulações de entradas no sistema de gerenciamento e registro dos resultados.

Foi criada uma interface de acompanhamento do processo na *Workflow Engine* através da qual foi possível observar as variações produzidas nas agendas de profissionais e recursos.

Para uma melhor análise do impacto do gerenciamento por workflow agendas destes profissionais e recursos, os testes foram feitos levando em diferentes horários de trabalho para cada profissional.

Capítulo 4

Aplicação

Para coleta de dados e validação desta pesquisa foi construído um sistema denominado *Medical Workflow Management System*. Ele foi desenvolvido baseado em técnicas administrativas e de controles auxiliados por conceitos de inteligência artificial e tecnologias de comunicação com o intuito de melhorar o fluxo de informações dentro do ambiente hospitalar, ajudando médicos, enfermeiros, técnicos e auxiliares na definição e execução dos procedimentos hospitalares. Sua maior motivação está baseada na possibilidade de se obter a gerência inteligente de fluxos de trabalho com base em um robusto sistema de informação.

A aplicação foi proposta não somente para resolver questões relacionadas com a redução do volume de papéis ou à informatização burocrática dos procedimentos médicos. Atualmente a busca por informações geradas com qualidade e facilmente acessíveis, está sendo alvo do desenvolvimento de sistemas dos mais variados domínios. O propósito principal é atingir o mais alto nível de controle e disponibilidade de informações nos ambientes hospitalares, acompanhando cada processo durante todas as fases de sua execução, garantindo acesso rápido e prático a qualquer tipo de informação.

A idéia principal deste trabalho foi pesquisar a utilização de técnicas de IA aplicadas à tecnologia de workflow para produzir uma solução inteligente, abrangente e, sobretudo flexível para o gerenciamento dos processos em ambientes hospitalares. Inteligente para através de técnicas apropriadas reconhecer e gerenciar todo o processo hospitalar de forma a:

- Distribuir racionalmente a carga de trabalho;
- Poupar recursos e profissionais mais capacitados;
- Administrar todo e qualquer evento não esperado;
- Oferecer dados para a melhoria dos processos gerenciados.

Flexível e suficientemente maleável, a ponto de seus procedimentos poderem ser modelados e remodelados a partir da necessidade específica de cada setor ou unidade

hospitalar. Desta forma atendendo as necessidades do ambiente, refletindo a realidade dos processos, profissionais e recursos envolvidos e gerenciados.

4.1 Composição do sistema

O *Medical Workflow Management System* foi projetado em módulos, cada um responsável por realizar uma função específica.

Na Figura 14 está demonstrado um esquema de como funciona todo o sistema e como as aplicações interagem entre si.

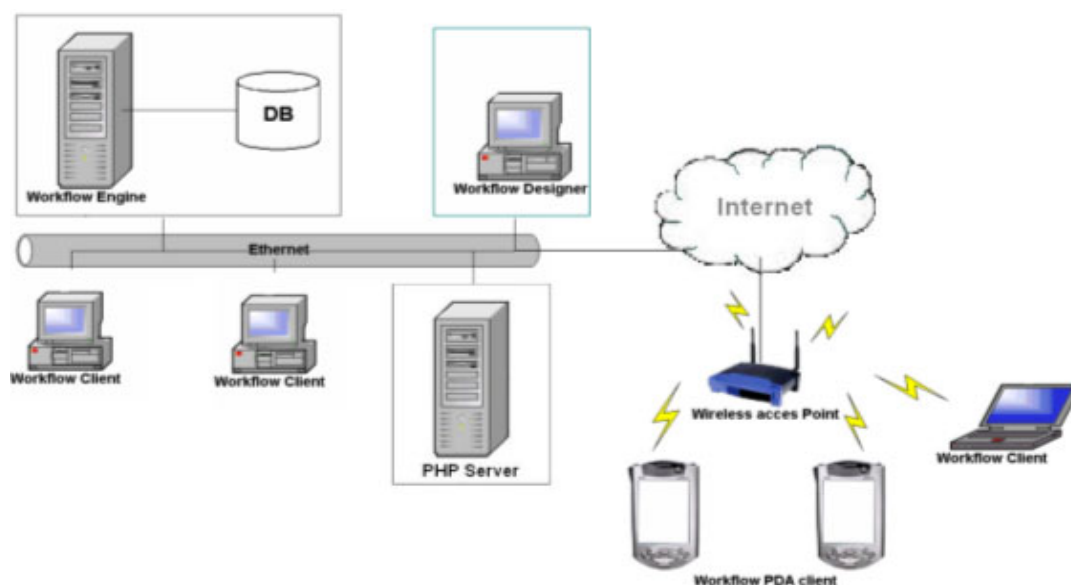


Figura 14 - Representação esquemática do sistema *Medical Workflow Management*.

Workflow Designer: oferece funcionalidades para a elicitación modelagem e conversão dos processos, gerando dados para o gerenciamento.

Workflow Engine: É o servidor de *workflow* centralizando todo o gerenciamento dos dados. Engloba o protocolo de comunicação, a máquina de inferência e configuração e o gerenciador dos processos.

Workflow Client: é responsável pela interface entre o servidor e os usuários do sistema. Ele está estruturado em um servidor *PHP* que gera conteúdo *HTML* com base em dados da *engine*, disponibilizando os dados aos usuários. Ela oferece um completo ambiente de trabalho integrando as funções de *workflow* e disponibilizando as ferramentas necessárias para a execução do processo.

Toda a comunicação entre os *Workflows Client* e o Servidor é feita via *Sockets TCP/IP*, utilizando um protocolo definido para tal aplicação baseadas nas interfaces 2 e 3 propostas pela *WfMC*. Através da estratégia de utilização de um protocolo baseado no modelo proposto pela *WfMC*, qualquer aplicação que venha a ser desenvolvida poderá interagir com o *Medical Workflow Management System*, desde que esteja em conformidade com o protocolo. Detalhes sobre a comunicação podem ser encontrados no Anexo A.

O sistema está integrado, através de suas interfaces dinâmicas, com os demais softwares do Projeto Cyclops (CYCLOPS 2005). Assim, através do *Medical Workflow Management System* é possível acessar outras ferramentas para visualização de imagens médicas originadas a partir de tomógrafos, equipamentos de ressonância magnética e ultra-sonografias todas em padrão DICOM.

4.2 Workflow Server

O *Workflow Server* que contém a *Workflow Engine*, é o servidor de processamento que foi construído com base em dois componentes desenvolvido no Projeto Cyclops:

- Um protocolo de serviços e comunicação por mensagens XML
- Uma máquina de inferência com função de configurador baseado em conceitos de Planejamento através de Metas e Operadores.

Utilizando as funcionalidades dos componentes de planejamento e comunicação, com o acréscimo de conceitos de *TMS* e algumas funções para interface de operação, foi possível montar um servidor de *workflows*, denominado *Workflow Server*, coerente com o propósito do trabalho. Com este servidor integrado a uma ferramenta de modelagem adequada e um sistema de clientes de *workflow* específico construiu-se um sistema de gerenciamento, de *workflows* médicos, capaz de realizar as seguintes funções:

- Levantamento e modelagem do processo médico hospitalar
- Tradução dos modelos em arquivos XML padronizados.
- Interpretação e carga dos modelos para a engine de gerenciamento.

- Cadastro de recursos e profissionais representando o ambiente onde os workflows serão inseridos bem como os responsáveis por sua execução.
- Cadastro de Pacientes que serão os clientes diretos de cada workflow.
- Instanciação de workflows específicos para pacientes determinados.
- Gerenciamento dos workflows instanciados.
- Tratamento de eventos posteriores que venham a influenciar as alocações realizadas.
- Realocações de atividades e/ou workflows.
- Acesso a ferramentas externas necessárias ao processo.

4.2.1 Protocolo de comunicação

De acordo com Andrade (ANDRADE, RIBEIRO e WANGENHEIM 2005), o protocolo de serviços e comunicação foi desenvolvido em um modelo multicamadas. A primeira camada prove o canal de comunicação com os clientes baseado no protocolo *TCP/IP*. Acima é a camada de apresentação de dados que tem o propósito de preparar os dados para as estruturas internas. Esta camada também incorpora o serviço de gerenciamento das conexões. A camada de serviços de mensagens trabalha com o provimento dos serviços ao cliente com solicitações à máquina de processamento. Finalmente, na camada mais interna está a máquina de inferência, que executa o processamento específico do planejamento e execução dos *workflows*. Na Figura 15, temos uma representação do modelo.



Figura 15 – Camadas do Protocolo de Comunicação

Toda comunicação entre os clientes e o servidor é feita através da troca de mensagens em arquivos *XML* com base no padrão especificado pela *WfMC*, o *Wf-XML 2.0*. No servidor estas mensagens são recebidas, por um processo de comunicação que transforma a mensagem recebida em um processo do *Workflow Engine*, e armazena em uma fila de processos. Paralelamente a este, outro processo é responsável por interpretar os processos da fila e direcionar a área específica, para execução do método correlato, na camada de processamento. A camada de processamento, se necessário, pode interagir com a camada de dados, dependendo da necessidade especificada pela mensagem. Por fim, o resultado do processamento é colocado em uma fila de saída para ser encaminhado ao cliente por um processo da camada de comunicação responsável por tal serviço (ANDRADE, RIBEIRO e WANGENHEIM 2005),.

4.2.2 Máquina de Inferência ¹

É um dos componentes mais importantes do sistema cujos serviços são acionados por uma das camadas do protocolo de comunicação. Ela trabalha baseada nos conceitos de metas e operadores e desempenha o papel de configurador executando os

¹ Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do aluno Luiz Fernando da Silva Pereira desenvolvido como parte do trabalho de pesquisa sobre workflow, no Projeto Cyclops e apresentado ao curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

serviços solicitados pelo protocolo e gerenciando a instanciação e alocação de *workflows* com base nos modelos pré-carregados e nos dados do ambiente gerenciado.

Quando um procedimento (*workflow*) é solicitado para um paciente a máquina de inferência cria uma instância do modelo de processo solicitado e associa àquele paciente. Assume, então, a nova instanciação como uma meta e aplica um operador de redução para subdividi-la em novas metas. Cada nova meta pode ser outro *workflow* ou apenas uma atividade, dependendo da complexidade do processo. Assim, sucessivamente a máquina vai aplicando operadores sobre as metas até chegar à alocação total de cada atividade, em um determinado dia e horário, com todos os profissionais e recursos requeridos para sua execução.

A máquina de inferência, para fazer a alocação, busca identificar o profissional ou recurso com menos habilidades ou funcionalidade e que atenda plenamente os requisitos da atividade em questão. Desta forma, objetiva poupar os profissionais e recursos de maior capacidade para procedimentos mais complexos, racionalizando a alocação. Para ilustrar esta funcionalidade podemos imaginar o seguinte cenário:

Meta: Alocação de um Ultrassom Abdômen (simples 2D)

Recurso necessário: Ultrassom 2D

Recursos disponíveis: Ultrassom 1 (Simples 2D), Ultrassom 2 (2D e 3D), Ultrassom 3 (2D, 3D e 4D);

Neste caso a máquina de inferência, levando em conta a data e horário do exame, vai procurar um recurso que atenda à necessidade (Ultrassom 2D). Todos os recursos disponíveis atendem a ela. Porém alguns recursos tem outras funcionalidades adicionais que podem ser necessárias a outros exames mais complexos. Isto será levado em conta fazendo com que a máquina de inferência comece a tentar a alocação pelo recurso Ultrassom 1, que atendendo ao necessário tem o menor conjunto de funcionalidades. Se não for possível passará para o Ultrassom 2 e por último para o Ultrassom 3. Alocando assim, sempre o recurso que atenda às necessidades e poupando os recursos com maior funcionalidades.

4.2.3 Gerenciamento

Após a instanciação e alocação do processo para um determinado paciente, os procedimentos estão agendados para serem executados, em um momento específico, por

um profissional ou grupo de profissionais, utilizando um ou mais recursos. A partir deste momento inicia-se o gerenciamento deste processo.

Num processamento normal, sem eventos inesperados, os profissionais envolvidos vão interagir com a *engine*, através dos clientes informando a realização das tarefas programadas no seu devido tempo. A *engine* procede então à coleta e armazenamento dos dados assumindo as tarefas como realizadas.

Entretanto, em alguns momentos ocorrerão eventos não previstos que irão necessitar ou até mesmo obrigar uma realocação de partes do processo ou do processo como um todo. Nestes casos o usuário informa o evento ao sistema e este analisa as possibilidades oferecendo opções de reprogramação, realocando ou cancelando processos pré-alocados.

4.3 Workflow Client

Esta aplicação tem fundamental importância, pois é através dela que os usuários interagem com o *Medical Workflow Management System*. Esta aplicação faz a interface de acesso dos usuários com o *Workflow Engine* e com os dados propriamente ditos

Ela foi desenvolvida para prover o acesso aos dados do sistema de gerenciamento de *workflows*, tais como agendas, listas de exames e alocação de recursos, para usuários registrados no sistema. Foi construída, como um cliente da máquina de *workflow*, em *PHP* para rodar como uma página de *Internet*. Ela utiliza o protocolo em *TCP/IP* com mensagens *XML* para fazer a comunicação com a *engine* que é responsável pelo gerenciamento dos processos hospitalares.

Seu principal objetivo é capturar e disponibilizar todos os dados relevantes aos processos de *workflows* clínicos. Para este propósito, se conecta a *engine* de *workflow*, solicita os dados, faz a formatação e apresentação em um formato que permita a fácil compreensão. Conforme a necessidade, a interface cliente disponibiliza o acesso para outras ferramentas (tais como visualizadores de imagens *DICOM*) e informações para permitir o correto processamento das tarefas planejadas.

A interface cliente está integrada com ferramentas para auxílio a diagnóstico e com o Portal de Telemedicina da Secretaria de Saúde de Santa Catarina, todos desenvolvidos pelo grupo de pesquisadores do Projeto Cyclops.

Com isto ela possibilita não apenas o gerenciamento das atividades, com seus atores e recursos, mas o completo processamento das informações e dados médicos necessários ao ambiente clínico. O usuário tem a possibilidade de navegar diretamente de sua agenda de atividades a uma página do portal de telemedicina para, por exemplo, escrever um texto de laudo radiológico, realizar uma prescrição ou tomar nota de uma observação realizada, em um prontuário de paciente, quando isto for necessário.

O cliente de *workflow* foi desenvolvido em conformidade com o design do Portal de Telemedicina da SES-SC, o qual, por sua vez, reproduz as características de um cliente de *e-mail*. Com isto ele se torna mais fácil e intuitivo para os usuários.

4.3.1 Comunicação entre cliente e servidor

A troca de informações, com a *engine* de *workflows*, é processada através de mensagens *XML* enviadas através de uma camada de comunicação por *Sockets TCP/IP*, implementada no servidor *PHP* responsável pela execução do cliente de *workflow*. Este cliente é disponibilizado como uma página *HTML* gerada pelo servidor *PHP*. Assim é possível ser acessado, por qualquer usuário registrado, em qualquer lugar do ambiente médico, ou até fora dele, através da *intranet* ou *internet*, com a utilização de computadores pessoais, *notebooks* ou computadores de mão (*Pocket PC*). As Figuras 16, 17 e 18 mostram exemplos de algumas interfaces do cliente de *workflow*.

THE CYCLOPS PROJECT ...:[Research on Medical Imaging Software]:...

Cyclops Medical Workflow Client

Atualizar Alterar senha Sair

Execução | Manutenção & Cadastros

Tarefas | Workflows | Agenda Recursos Alocados Pacientes Atores Recursos

Usuário: 6 - Dr. Luiz Felipe Nobre Hoje é 10 de Maio de 2006

LISTA DE TAREFAS DO USUÁRIO

	PACIENTE	TAREFA	ID	WORKFLOW	DATA INI	HORA INI	DURAÇÃO	DATA FIM	HORA FIM	PROCESSO	STATUS
1	ADAIR ZIMERMANN	07-Correcao e Assinatura do Laudo	42	USG Abdome Total - 4090112	12/5/2006	03:35:00 pm	5			789931302006	waiting
2	ADAIR ZIMERMANN	05-Laudo de Ultrassom	40	USG Abdome Total - 4090112	12/5/2006	03:10:00 pm	20			789931302006	executing
3	ADAIR ZIMERMANN	04-Realizacao Ultrassom	38	USG Abdome Total - 4090112	12/5/2006	02:50:00 pm	20	10/5/2006	08:26:59 pm	789931302006	finished
4	ADAO CORDOVA	07-Correcao e Assinatura do Laudo	42	Glândulas Salivares (Todas) - 4090103	12/5/2006	02:45:00 pm	5			6781051302006	waiting
5	ADAO CORDOVA	04-Realizacao Ultrassom	38	Glândulas Salivares (Todas) - 4090103	12/5/2006	02:00:00 pm	20			6781051302006	executing
6	ADAO CORDOVA	05-Laudo de Ultrassom	40	Glândulas Salivares (Todas) - 4090103	12/5/2006	02:20:00 pm	20			6781051302006	waiting

Status: ? Aguardando Liberação ? Em Execução ✓ Concluída

[Processar](#)

Atualizar Alterar senha Sair

Figura 16 - Página principal do cliente com a lista geral de atividades

THE CYCLOPS PROJECT ...:[Research on Medical Imaging Software]:...

Cyclops Medical Workflow Client

Atualizar Alterar senha Sair

Voltar Lista de Tarefas Voltar

Paciente: ADAO CORDOVA

Workflow: Glândulas Salivares (Todas) - 4090103

	Procedimento	Data	Hora	Responsavel
✓	01-Recepção	12/5/2006	12:24	Andrea Sa Silveira
✓	02-Recepção Interna (Pré-Exame)	12/5/2006	12:44	Aliciane Dutra
✓	03-Preparo para exame	12/5/2006	12:47	Aliciane Dutra
?	04-Realizacao Ultrassom	12/5/2006	14:0	Dr. Luiz Felipe Nobre
?	05-Laudo de Ultrassom	12/5/2006	14:20	Dr. Luiz Felipe Nobre
?	06-Digitacao	12/5/2006	14:40	Digitador
?	07-Correcao e Assinatura do Laudo	12/5/2006	14:45	Dr. Luiz Felipe Nobre
?	08-Montagem de Processo para arquivamento	12/5/2006	14:50	Digitador
?	09-Arquivamento	12/5/2006	14:55	Andrea Sa Silveira

Voltar Atualizar Voltar

Status: ? Aguardando Liberação ? Em Execução ✓ Concluída

Atualizar Alterar senha Sair

Figura 17 - Página de visualização da sequência de atividades de um workflow

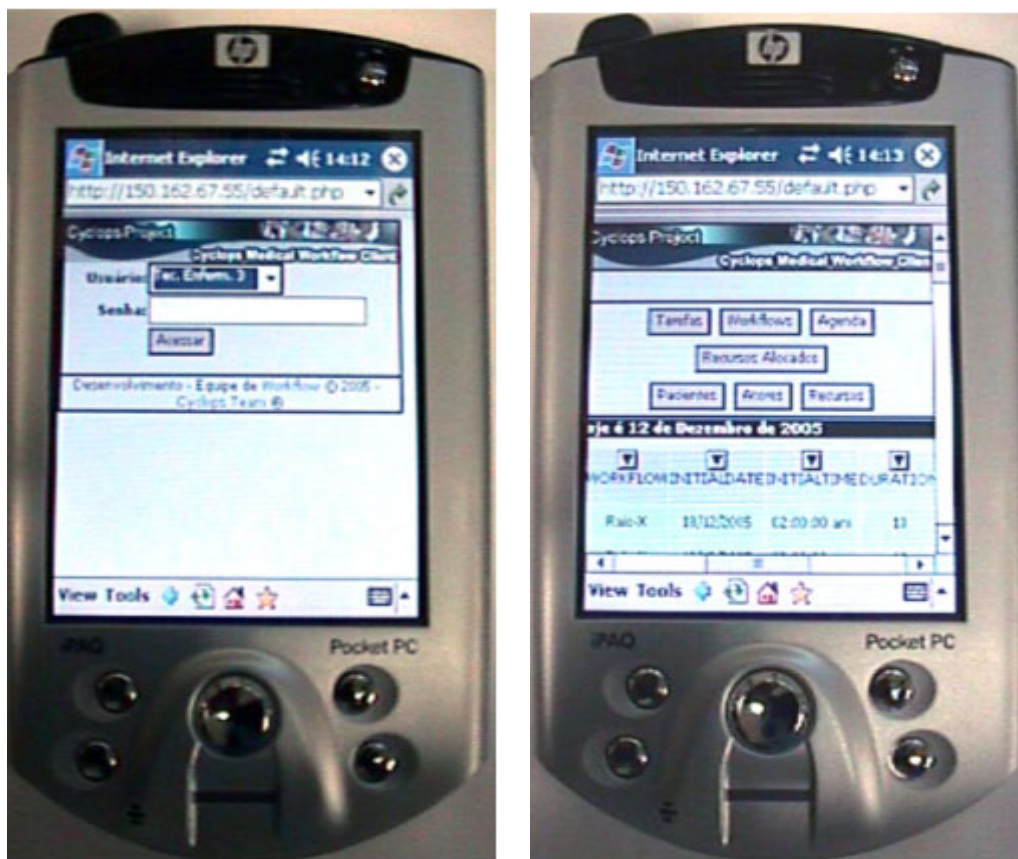


Figura 18 - Interfaces para computadores de mão (*Pocket PCs*)

4.4 Workflow Designer

Complementando o sistema *Medical Workflow Management System* temos a aplicação *Workflow Designer*. Ela é uma ferramenta responsável por suportar a modelagem dos processos e gerar modelos abstratos para a *engine* de processamento.

Ela oferece uma interface simples que facilita o desenho dos fluxos de processos, de acordo com a tecnologia de *workflow*, através da manipulação de objetos gráficos. Um protocolo *XML (Extensible Markup Language)* é utilizado então para representar o modelo final e comunicá-lo para a *engine* de processamento que será responsável por sua instanciação, alocação e gerenciamento.

Seu principal objetivo é prover um meio pratico, flexível e de fácil entendimento para representar processos que ocorrem no ambiente hospitalar. Com o seu uso um médico experiente pode mapear, desenhar e representar seu conhecimento sobre os processos de uma determinada área, definido seus passos, necessidades, recursos e

resultados esperados. A rotina mapeada pode mais tarde ser utilizada para ajudar no melhoramento ou correção do processo, permitindo uma visão global ou detalhada do mesmo. Pode também ser usada para o treinamento de novos profissionais, quando do início de suas atividades no setor representado.

Na Figura 19, podemos ver uma imagem da interface principal do *Workflow Designer* mostrando um mapeamento das atividades de um processo com seus atores, recursos e materiais.

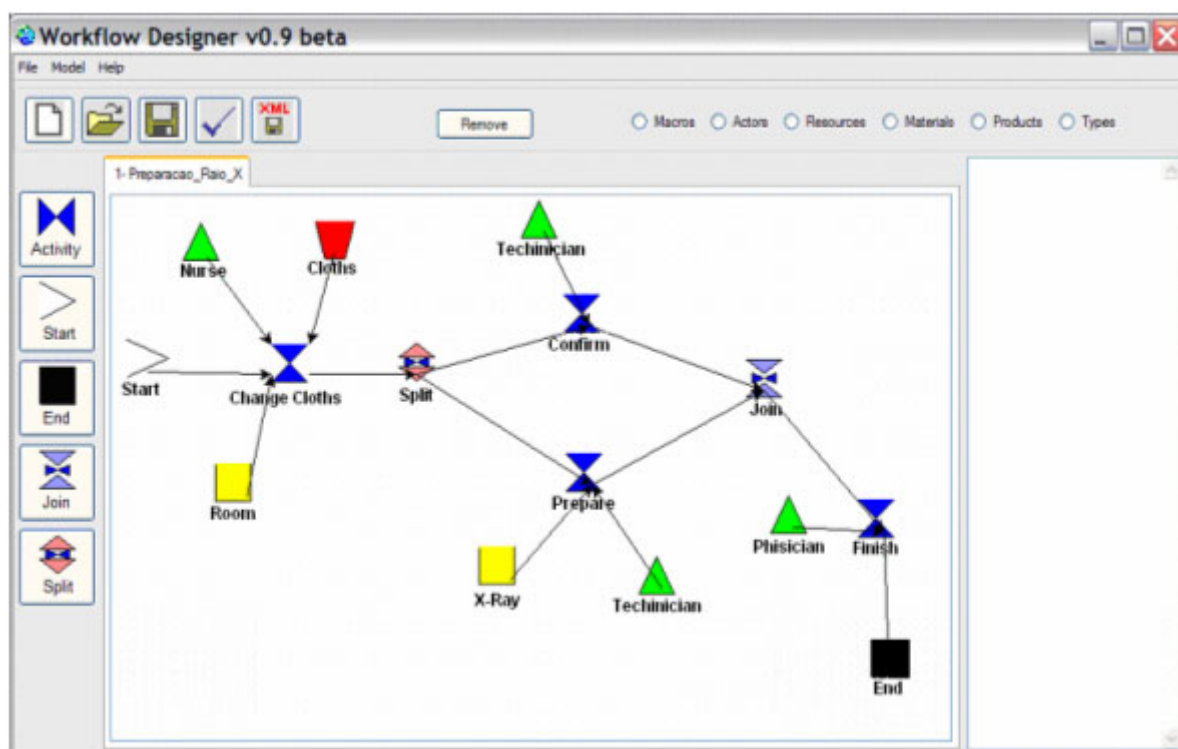


Figura 19 - Interface principal do *Workflow Designer*

Esta ferramenta de modelagem foi desenvolvida para trabalhar integrada à *engine* de processamento de forma a que todo processo modelado por ela possa, tendo respaldo nos dados organizacionais, ser executado no ambiente físico, como ilustrado na Figura 20.

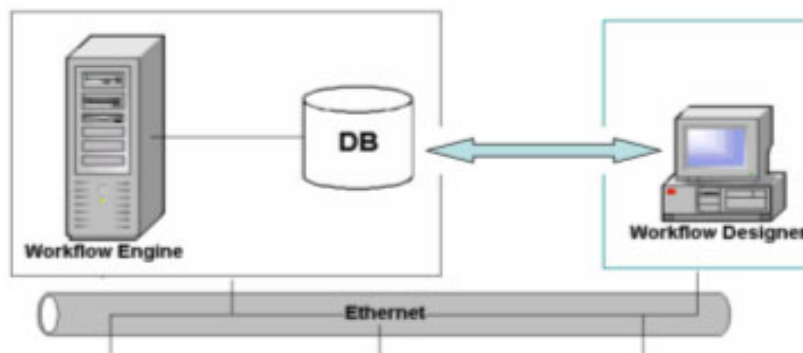


Figura 20 - Relação entre *Workflow Engine* e *Workflow Designer*

4.4.1 Detalhes Técnicos

O *Workflow Designer* foi construído utilizando Visual Works 7.0 como ambiente de desenvolvimento, na linguagem Smalltalk, que sendo totalmente orientada a objetos é ideal para o desenvolvimento de protótipos, permitindo implementação rápida, grande reusabilidade de códigos e, até mesmo, correções em tempo de execução.

A interface gráfica foi construída com base no *framework Hot Draw*, disponibilizado pelo *Visual Works 7.0*. Ele define a base para elementos gráficos e suas interações. Define a base do ambiente onde eles interagem e ferramentas para estas interações, utilizando os conceitos de *MVC (Model View Controller)*. Para a modelagem proposta, foram definidas classes genéricas, na camada de domínio da aplicação, como mostradas na Tabela 2:

Tabela 2 – Classes de Objetos Gráficos do Modelador

- | | | |
|------------|------------|---------|
| • Actor | • Activity | • Split |
| • Product | • Macro | • Join |
| • Material | • Start | |
| • Resource | • End | |

Uma instancia da classe **Actor** representa uma pessoa ou sistema necessário para a execução da atividade modelada, por exemplo, um cirurgião é necessário para um procedimento cirúrgico.

A classe **Product** define uma entidade representando um resultado, como uma tomografia depois de um exame tomográfico.

Material representa objetos necessários para a execução de atividades, tais como lençóis para uma rotina de limpeza de quartos.

Resource é uma classe que define um equipamento ou um local que precisa ser alocado temporariamente para uma atividade específica, e que pode mais tarde ser alocado para outra atividade, por exemplo, uma sala de cirurgias, ou um equipamento de radiografia.

Activity representa uma entidade abstrata que pode associar atores, recursos, materiais e produtos para definir um procedimento, ou tarefa, a ser executado no ambiente modelado (neste caso, um hospital ou clinica). Esta entidade vai ser associada com outras atividades para compor o fluxo de trabalho (*workflow*).

Macro é, como o nome sugere, uma classe para representar um conjunto de atividades ou por generalização pequenos *workflows* dentro de *workflows* maiores.

Split e **Join** são classes para tratar *workflows* não lineares. Por padrão, atividades podem ter apenas um fluxo de entrada e um fluxo de saída. Este tipo de atividades será utilizado quando se tem mais que uma opção para o mesmo passo do processo. Usam-se então objetos da classe Split, para separar o processo em dois ou mais fluxos, e objetos da classe Join, para concentrar novamente os fluxos em um único caminho.

Start e **End** são entidades para representar onde um determinado processo começa e termina.

Alem disso, uma estrutura para a definição dinâmica de características foi definida na aplicação, permitindo a criação de características padronizadas para as possíveis entidades a serem modeladas, por exemplo, a criação da característica genérica “Velocidade de Tomógrafo – Rápido, Lento”. Esta característica pode então ser utilizada em qualquer entidade, mas só fará sentido se usada em uma entidade representando um tomógrafo. Um tomógrafo, modelado com esta característica pode, então, assumir um dos dois estados da característica, neste caso, ele será um tomógrafo rápido ou um tomógrafo lento.

Capítulo 5

Validação, Resultados e Conclusões

Para a validação da solução proposta e desenvolvida por este trabalho de pesquisa foi escolhido o setor de Radiologia da Clínica de Diagnóstico Médico por Imagens (DMI). Este setor trabalha com uma grande diversidade de exames. O foco do trabalho foi definido como os exames de Ultra-sonografia por ser tipo de exame de maior volume na Clínica. Para uma melhor compreensão do ambiente de aplicação ver Anexo B.

5.1 Desenvolvimento

Para cada procedimento da clínica foi utilizado o *Workflow Designer* para criar um modelo contemplando a sequência de atividades deste processo. Cada atividade foi representada com suas necessidades de atores (profissionais) e recursos (equipamentos). A ferramenta permitiu ainda agregar dados de dependência temporal e prioridade das atividades o que permite o controle da *engine* na hora da montagem da estrutura de *TMS*. Baseada nas dependências de tempo e prioridade pode ser montada a árvore lógica que controla a liberação de cada atividade durante o processo.

Utilizando o *Workflow Client* foram cadastrados alguns pacientes para testar o desempenho do sistema. Gerou-se uma carga simulada de requisições dos procedimentos. Com esta carga foi possível comprovar a eficiência da máquina de inferência quanto a poupar os recursos mais capacitados. Sem nenhuma restrição de distribuição de carga, o sistema direcionou sempre os procedimentos para o equipamento de menor capacidade e para o profissional com o menor set de habilidades que atendessem a seus requisitos.

Foi observado um problema na aplicação direta dos conceitos de alocação em função da necessidade de dependências temporais entre as tarefas. Na modelagem as dependências foram incluídas mas a máquina de inferência ainda não tem capacidade para gerenciá-la em função da necessidade de *backtracking* durante a alocação.

Foi observada, ainda, uma sobrecarga dos profissionais ou recursos com menor número de habilidades ou funcionalidades. Isto ocorreu provavelmente devido ao fato

de que o método de alocação só leva em conta o número de habilidades ou funcionalidades e não o seu grau de importância no contexto.

Na clínica DMI, no entanto, existem algumas características que não permitem ou pelo menos restringem a aplicação dos conceitos de alocação automática.

Exemplo 1: Os profissionais só estão disponíveis em alguns períodos e mesmo assim os pacientes têm a liberdade de optar por um médico específico. Isto restringe a autonomia do sistema quanto à otimização.

Exemplo 2: Os profissionais podem ter preferência pelo recurso a ser utilizado, mesmo que este não seja o melhor indicado em função da simplicidade de certos procedimentos. Isto faz com que a máquina tenha que ser adequada para direcionar – para um procedimento qualquer - um recurso específico em função do profissional e não de sua melhor adequação à situação.

5.2 Resultados

Com a utilização do *Workflow Designer* foi possível modelar todos os processos de Ultra-sonografia do setor de Radiologia da Clínica DMI. Estes processos foram definidos em forma de uma sequência de atividades bem definidas, com seus requisitos quanto a profissionais e recursos. A Figura 21 mostra um processo sendo modelado.

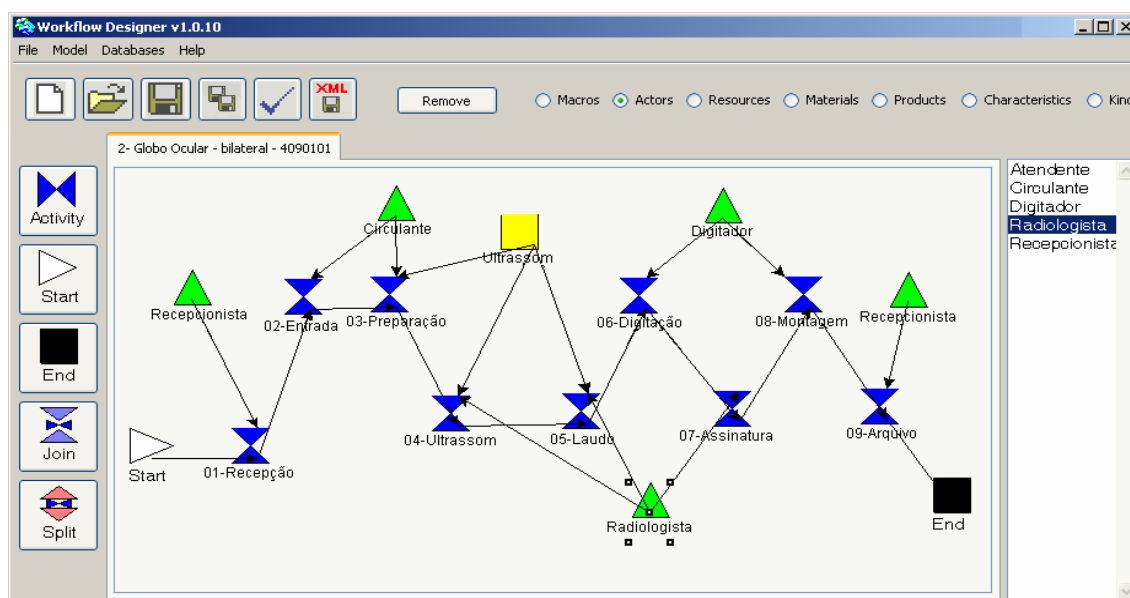


Figura 21- Modelo Gráfico de Processos

Na modelagem foi possível ainda definir com precisão as características de atores e recursos necessários à execução de cada atividade conforme demonstrado a seguir, Figura 22 e Figura 23.

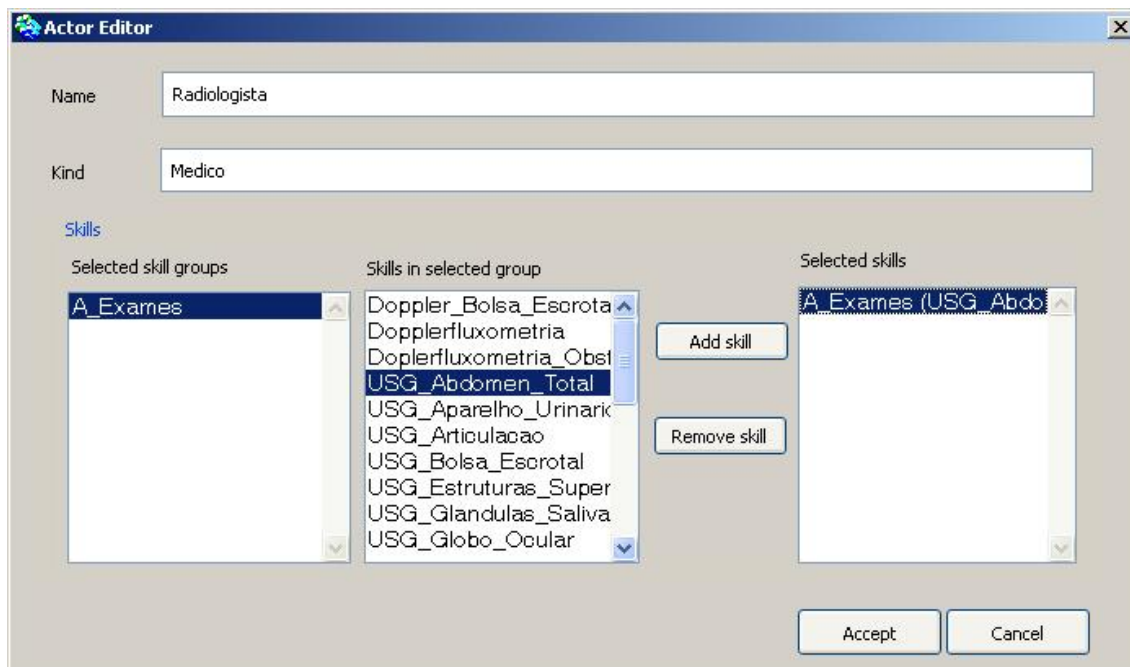


Figura 22 – Definição das características de um Ator para uma atividade

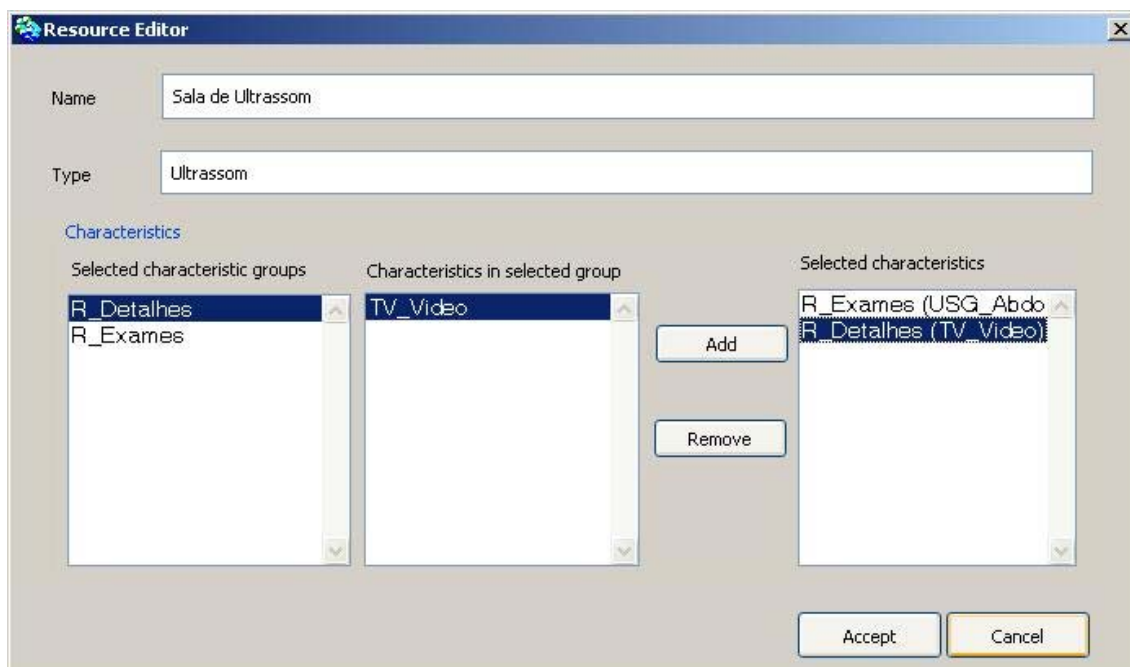


Figura 23 - Definição das características de um Recurso para uma atividade

A ferramenta Workflow Designer possibilitou a definição dos parâmetros de cada atividade incluindo, além de nome, descrição e tempo, também prioridade da atividade e dependência temporal.

Prioridade da atividade: que representa o seu status frente às outras tarefas, indicando à *engine* se esta tarefa deve ser tratada com maior ou menor grau de controle quanto a tempo e disponibilidade dos recursos.

Dependência temporal: que representa o intervalo de tempo que deve ser respeitado entre as atividades.

A Figura 24, por exemplo, mostra a definição dos parâmetros de uma atividade indicando que ela é de alta prioridade e tem uma dependência temporal de 0 a 60 minutos da tarefa de ID = 38 (04-Realização do ultrassom).

The screenshot shows the 'Activity Editor' dialog box with the following configuration:

- Name:** 01-Recepção
- Time:** 10
- Time Unit:** minutes
- Priority:**
 - Status: High
 - Influence: Local
 - Propagating: Forward
- Dependency:**
 - Activity: 38 - 04-Realizacao Ultrassom
 - Minimum: 0
 - Maximum: 60
 - Time Unit: Minutes
 - Summary: ID-38 | MIN-0 | MAX-60 | UNT-Minute
- Description:** Recepcionar o paciente;
Verificar Convênio/Liberação.
- Tool:** PHP_Client
- Buttons:** Accept, Cancel

Figura 24 – Definição dos parâmetros de uma Atividade

Após a modelagem gráfica, de cada processo, os modelos foram convertidos em um formato padronizado (modelos XML), conforme mostrado na Figura 25.

<pre> - <workflow> <id>17</id> <name>Consulta Medica</name> - <start> <id>1</id> <name>start</name> <type /> <next>2</next> </start> - <activity> <id>2</id> <name>Recepcao</name> <time>15</time> <umt>minutes</umt> <previous>1</previous> <next>3</next> - <actors> <actor>7</actor> </actors> <resources /> <materials /> <products /> </activity> - <activity> <id>3</id> <name>Pre-Avaliacao</name> <time>15</time> <umt>minutes</umt> <previous>2</previous> <next>4</next> - <actors> <actor>8</actor> </actors> - <resources> <resource>10</resource> </resources> <materials /> <products /> </activity> </pre>	<pre> - <activity> <id>4</id> <name>Consulta</name> <time>20</time> <umt>minutes</umt> <previous>3</previous> <next>5</next> - <actors> <actor>9</actor> </actors> - <resources> <resource>11</resource> </resources> <materials /> <products /> </activity> - <end> <id>5</id> <name>end</name> <type /> <previous>4</previous> </end> - <actor> <id>7</id> <name>Recepcionista</name> <kind>2</kind> - <activities> <activity>2</activity> </activities> - <skills> <skill>3</skill> <skill>11</skill> </skills> </actor> - <actor> <id>8</id> <name>Tecnico_Enfermagem</name> <kind>3</kind> - <activities> <activity>3</activity> </activities> </pre>	<pre> - <skills> <skill>1</skill> <skill>14</skill> </skills> </actor> - <actor> <id>9</id> <name>Medico</name> <kind>1</kind> - <activities> <activity>4</activity> </activities> - <skills> <skill>1</skill> <skill>5</skill> </skills> </actor> - <resource> <id>10</id> <name>Sala</name> <type>7</type> - <characteristics> <characteristic>30</characteristic> <characteristic>25</characteristic> </characteristics> - <activities> <activity>3</activity> </activities> </resource> - <resource> <id>11</id> <name>Sala</name> <type>7</type> - <characteristics> <characteristic>29</characteristic> <characteristic>25</characteristic> </characteristics> - <activities> <activity>4</activity> </activities> </resource> </workflow> </pre>
---	--	---

Figura 25 – Modelo XML representando o processo

Estes modelos XML foram carregados para a *Workflow Engine* juntamente com os dados de ambiente utilizados na modelagem. Os dados de ambiente incluem:

- Tipos de Atores
- Habilidades de Atores
- Tipos de Recursos
- Funcionalidades de Recursos
- Tipos de Materiais

Com base nestas informações e nos modelos, a *engine* conseguiu gerenciar os processos solicitados pelos clientes, instanciando os processos e alocando os

profissionais e recursos disponíveis. A Figura 26 mostra uma interface de apoio da *Workflow Engine* e um modelo de processo carregado e instanciado.

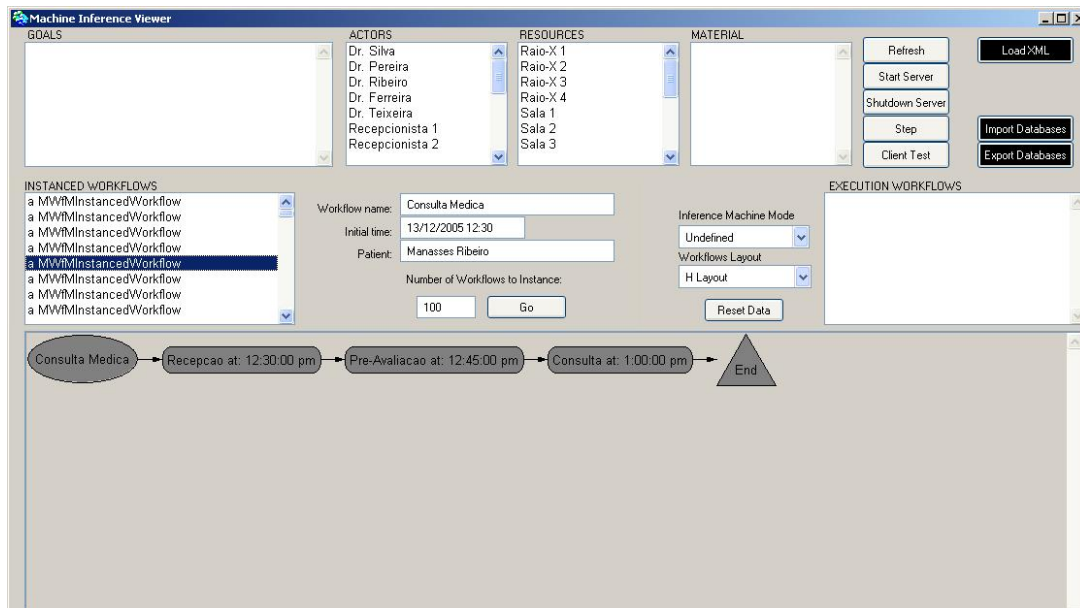


Figura 26 – Processo instanciado na Workflow Engine

Podemos observar que os horários de execução de cada atividade foi definido. Este processo tem como base as agendas livres de profissionais e recursos. Na Figura 27 podemos observar o detalhamento da alocação das necessidades da primeira atividade do processo.

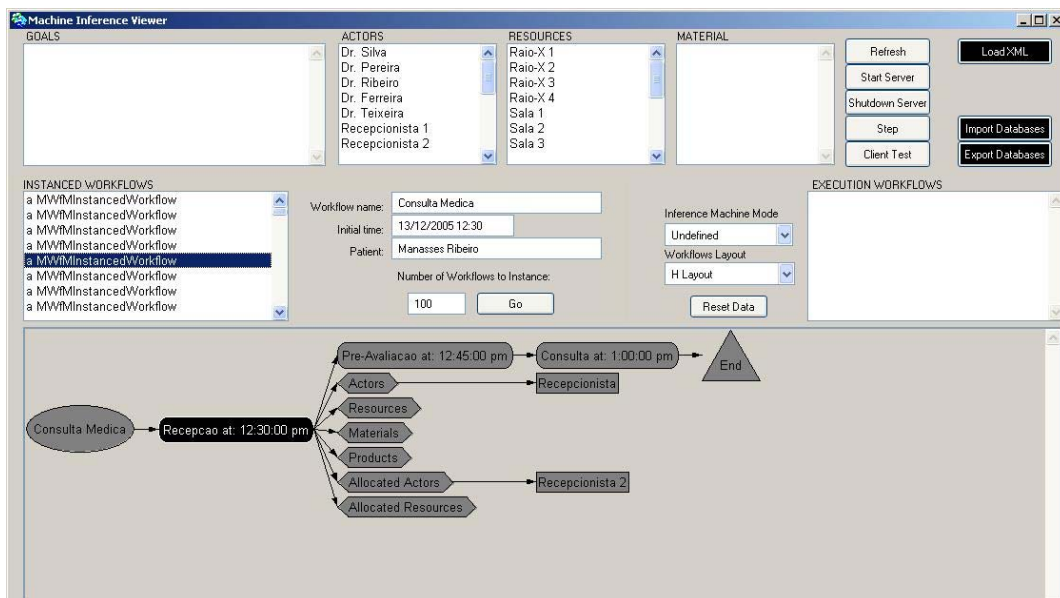


Figura 27 – Detalhe de alocação das necessidades da primeira atividade

A variável que representava uma necessidade (Ator = Recepcionista) no modelo foi preenchida com a alocação de um profissional (Recepcionista 2) no processo instanciado. Na Figura 28 podemos observar a alocação da segunda atividade do processo com seus atores e recursos.

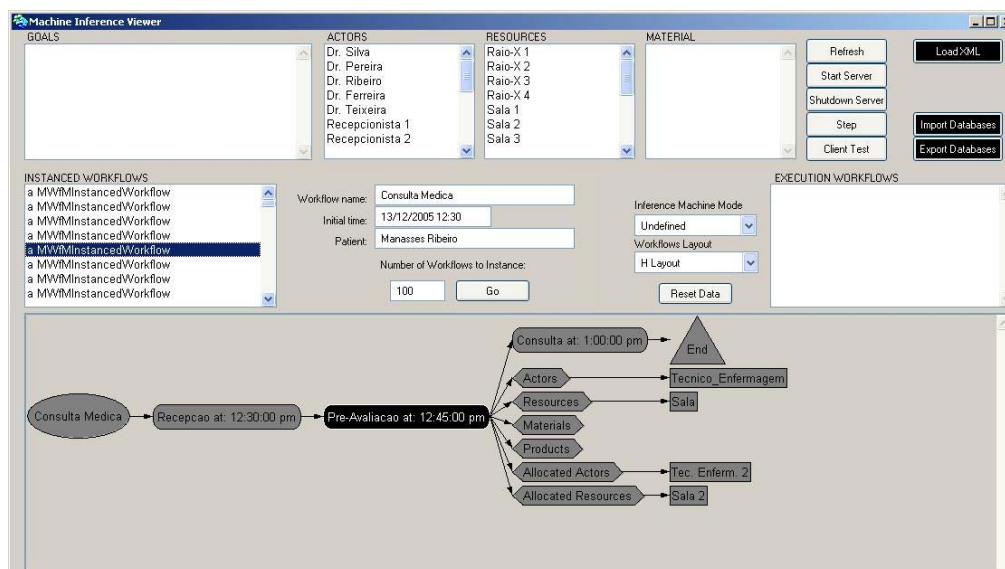


Figura 28 - Detalhe de alocação das necessidades da segunda atividade

A alocação dos diferentes processos solicitados pelos clientes (*Workflow Client*) gera o preenchimento das agendas de cada profissional envolvido. A Figura 29 mostra uma tela de acompanhamento da agenda de um profissional.

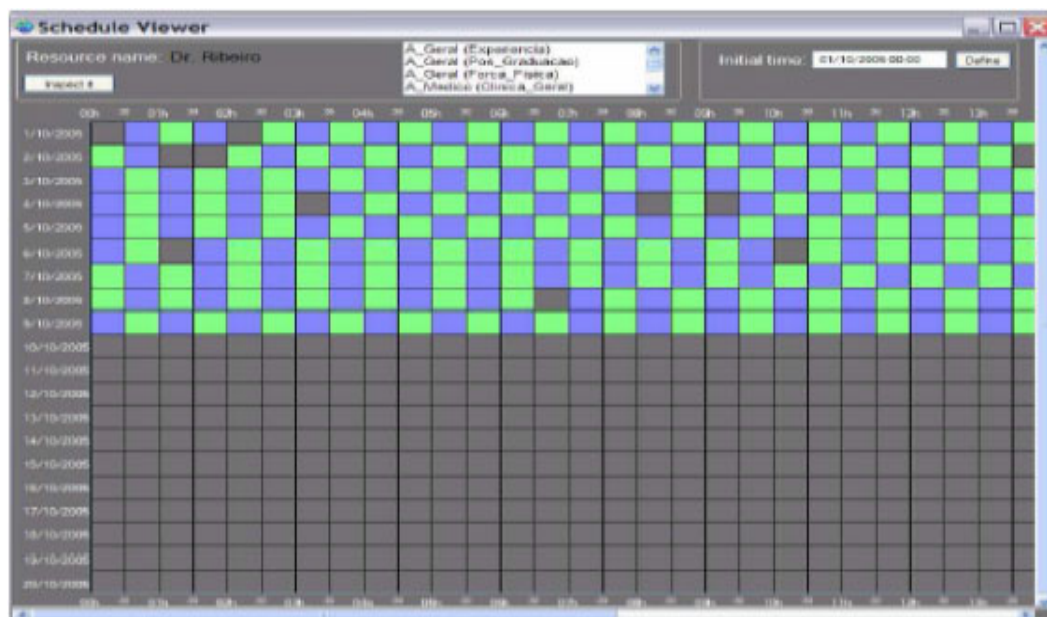


Figura 29 – Agenda de um profissional com pequeno número de habilidades

Cada linha da agenda representa um dia de trabalho e cada coluna representa um intervalo de 30 minutos. A tela mostra ainda as habilidades do profissional. Isto é importante pois é com base no número de habilidades que o processo de alocação se baseia para poupar ou não um profissional. Na Figura 30 e Figura 31 na podemos observar a carga de agenda de dois profissionais com diferentes números de habilidades.

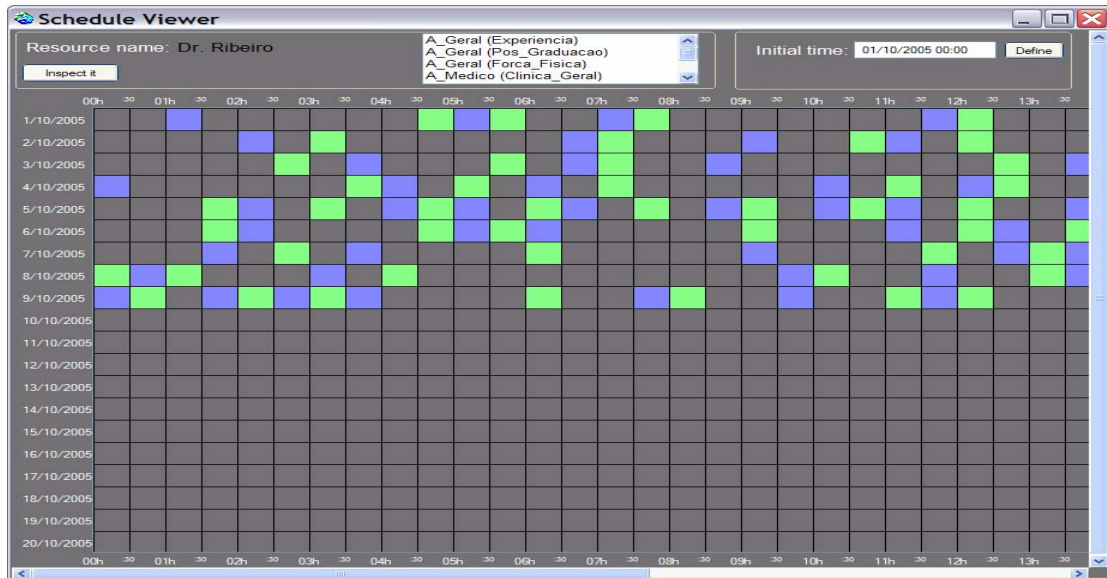


Figura 30 – Agenda de um profissional com um número médio de habilidades

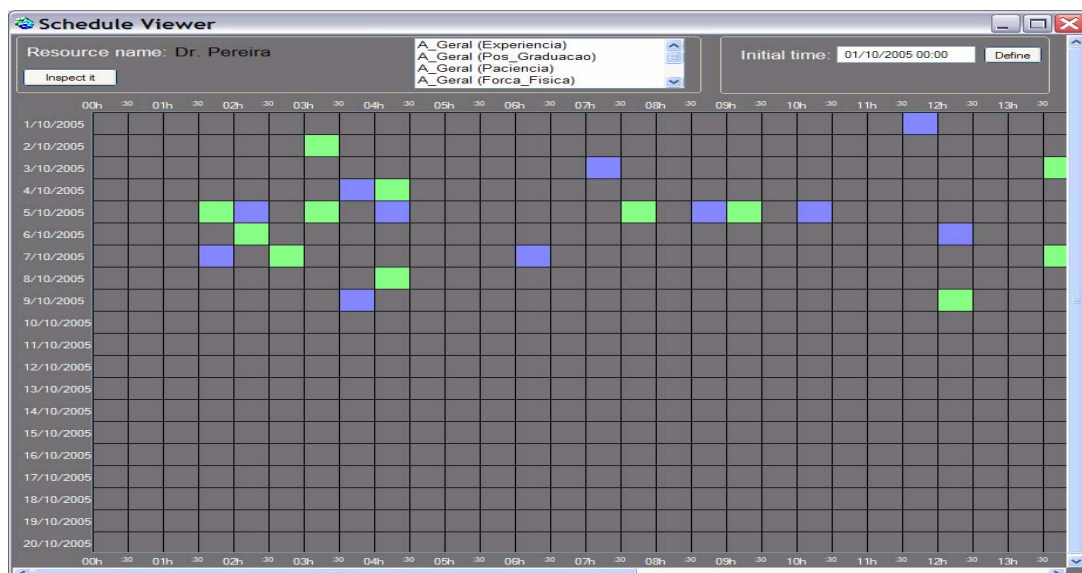


Figura 31 – Agenda de um profissional com maior número de habilidades

Como pode ser observado, nestas figuras, profissionais com diferentes números de habilidades são alocados de forma diferenciada. Os profissionais que têm menor número de habilidades (ou funções específicas) são alocados para a maioria dos procedimentos comuns, buscando poupar os profissionais com maior número de habilidades, que podem ser requeridos para procedimentos mais complexos.

As interfaces *web* disponibilizadas através da *Workflow Client* possibilitaram aos usuários administrar o sistema desde um simples acesso aos dados, solicitação de agendamento de processos ou início e encerramento de tarefas. A Figura 32 mostra a tela de entrada do sistema onde são listadas todas as tarefas do usuário logado.

	<input type="checkbox"/> PATIENT	<input type="checkbox"/> ACTIVITY	<input type="checkbox"/> ACTIVITYID	<input type="checkbox"/> WORKFLOW	<input type="checkbox"/> INITIALDATE	<input type="checkbox"/> INITIALTIME	<input type="checkbox"/> DURATION	<input type="checkbox"/> FINISHDATE	<input type="checkbox"/> FINISHTIME
✓ 1	Luiz Fernando	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	16/12/2005	05:30:00 pm	15	16/12/2005	05:44:59 pm
✓ 2	Luiz Fernando	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	12/12/2005	09:30:00 pm	15	12/12/2005	09:44:59 pm
✓ 3	Luiz Fernando	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	13/12/2005	02:00:00 am	15	13/12/2005	02:14:59 am
✓ 4	Luiz Fernando	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	12/12/2005	07:30:00 pm	15	12/12/2005	07:44:59 pm
✓ 5	Luiz Fernando	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	18/12/2005	02:30:00 pm	15	18/12/2005	02:44:59 pm
✓ 6	Manasses Ribeiro	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	14/12/2005	05:30:00 am	15	14/12/2005	05:44:59 am
✓ 7	Manasses Ribeiro	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	12/12/2005	10:00:00 pm	15	12/12/2005	10:14:59 pm
✓ 8	Manasses Ribeiro	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	17/12/2005	03:40:00 pm	15	17/12/2005	03:54:59 pm
✓ 9	Manasses Ribeiro	Medicacao	51	Diagnostico Trauma	16/12/2005	11:00:00 pm	15	16/12/2005	11:14:59 pm

Figura 32 – Tela principal – Lista de atividades do usuário logado

Desta tela o usuário pode navegar para a execução de cada tarefa, para a visualização do workflow onde cada tarefa está inserida ou ir para a tela de visualização de agenda onde as tarefas são filtradas por dia. Nesta tela o usuário tem ainda opções de navegação para telas de visualização de:

- Lista de recursos existentes.

- Lista de recursos alocados.
- Lista de profissionais (atores) existentes.
- Lista de pacientes cadastrados.
- Lista de workflows (processos) instanciados.

Estas opções todas estão concentradas na aba Execução, que está disponível tanto para PCs quanto para IPAQs. O usuário pode ainda, se tiver privilégios para isso, acessar as telas da aba Manutenção & Cadastro onde é possível cadastrar novos pacientes e solicitar a instanciação e alocação de novos processos (workflows) para os pacientes cadastrados. A Figura 33 mostra a tela onde todos os dados são coletados para envio ao servidor, onde o paciente será cadastrado no sistema.

The screenshot shows a web browser window titled "Cyclops Medical Workflow Cliente - Mozilla Firefox". The address bar shows "http://150.162.67.55/default.php". The page header includes "THE CYCLOPS PROJECT" and "Cyclops Medical Workflow Client". There are tabs for "Manutenção & Cadastros" and "Execução". The "Manutenção & Cadastros" tab is active, showing a "Requisitar Procedimento" and "Cadastrar Paciente" button. The "Cadastrar Paciente" form includes fields for "Prontuário:", "Nome:", "Dados Básicos", "Documentos", "Endereço", and "Responsável". There are radio buttons for "Pasta de prontuário:" and "Dados extraídos de documentos:". The form also includes dropdown menus for "Estado Civil:" (Solteiro), "Sexo:" (Feminino), and "Raça:" (Branco/Caucasiano), along with text boxes for "Nascimento:", "Cidade:", "UF:", "Pais:", "Profissão:", "Ocupação:", "Nome do Pai:", and "Nome da Mãe:". There are "OK", "Novo", and "Cancelar" buttons at the bottom of the form. The footer of the page reads "Desenvolvimento - Equipe de Workflow © 2005 - Cyclops Team ®".

Figura 33 – Tela de cadastro de pacientes

A Figura 34 mostra a tela de instanciação de processos. Nela o usuário seleciona um paciente e um workflow e informa a data e hora desejada, a partir da qual o processo será agendado. Nesta tela é possível ainda sugerir um médico específico para determinados procedimentos. Tanto a data e horário, quanto o médico sugerido serão

avaliados pela engine no momento da alocação, servindo apenas como parâmetro de decisão.

Figura 34 - Tela de instanciação de processos

A Figura 35 apresenta a tela de agenda de um usuário do sistema, onde as atividades são mostradas de acordo com o dia escolhido.

PACIENTE	TAREFA	WORKFLOW	DATA INI	HORA INI	DURAÇÃO	DATA FIM	HORA FIM	STATUS
ADAO CORDOVA	03-Preparo para exame	Globo Ocular - bilateral - 4090101	18/7/2006	02:33:00 pm	3			executing
ADAO CORDOVA	02-Recepção Interna (Pré-Exame)	Globo Ocular - bilateral - 4090101	18/7/2006	02:18:00 pm	15	18/7/2006	12:15:31 pm	finished
ACIR GARCIA	03-Preparo para exame	USG Abdomem Total - 4090112	18/7/2006	02:15:00 pm	3			waiting
ACIR GARCIA	02-Recepção Interna (Pré-Exame)	USG Abdomem Total - 4090112	18/7/2006	02:00:00 pm	15			executing

Figura 35 – Agenda diária de um profissional

A Figura 36 mostra a lista de atividades de um workflow (Ultrassom de Glândulas Salivares) instanciado para o paciente Adão Córdova.

THE CYCLOPS PROJECT ...:[Research on Medical Imaging Software]:...				
Cyclops Medical Workflow Client				
Atualizar		Alterar senha		Sair
Voltar		Lista de Tarefas		Voltar
Paciente: ADAO CORDOVA				
Workflow: Glândulas Salivares (Todas) - 4090103				
	Procedimento	Data	Hora	Responsavel
✓	01-Recepção	12/5/2006	12:24	Andrea Sa Silveira
✓	02-Recepção Interna (Pré-Exame)	12/5/2006	12:44	Aliciane Dutra
✓	03-Preparo para exame	12/5/2006	12:47	Aliciane Dutra
?	04-Realizacao Ultrassom	12/5/2006	14:0	Dr. Luiz Felipe Nobre
!	05-Laudos de Ultrassom	12/5/2006	14:20	Dr. Luiz Felipe Nobre
!	06-Digitacao	12/5/2006	14:40	Digitador
!	07-Correcao e Assinatura do Laudo	12/5/2006	14:45	Dr. Luiz Felipe Nobre
!	08-Montagem de Processo para arquivamento	12/5/2006	14:50	Digitador
!	09-Arquivamento	12/5/2006	14:55	Andrea Sa Silveira
Voltar		Atualizar		Voltar
Status: ! Aguardando Liberação ? Em Execução ✓ Concluída				
Atualizar		Alterar senha		Sair

Figura 36 – Lista sequencial das atividades de um processo

Através desta interface é possível observar ainda o status de cada tarefa, seu nome, a data e hora em que deve ser realizada e o profissional responsável alocado para a sua realização. Todas as interfaces de processamento são disponíveis também, em uma versão simplificada, para acesso através de computadores de mão (*palmtops*). A Figura 37 mostra algumas destas interfaces utilizadas nos IPAQs.

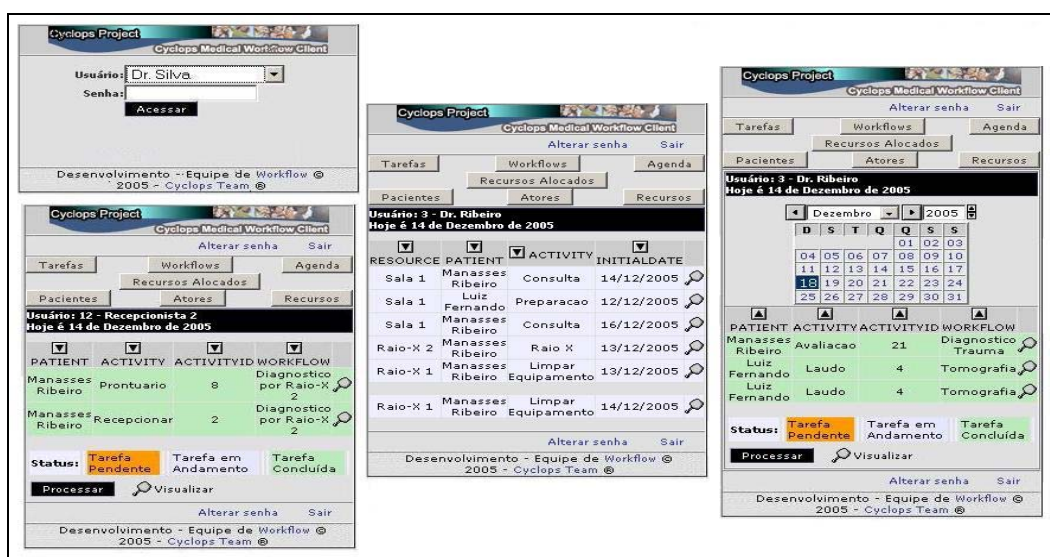


Figura 37 – Interfaces utilizadas no IPAQ

Através destes equipamentos garante-se o atendimento com a necessária mobilidade. A Figura 38 mostra um IPAQ em utilização apresentando a lista de atividades de um processo.

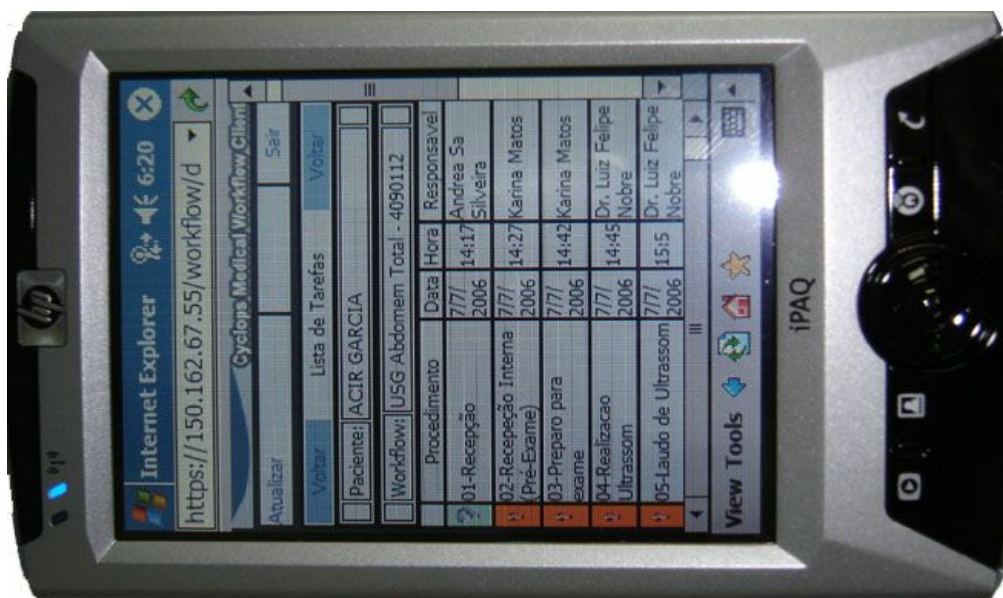


Figura 38 - IPAQ mostrando a lista de atividades de um processo

5.3 Conclusões

Este trabalho de pesquisa permitiu ampliar a visão crítica sobre o gerenciamento de processos inerentes aos ambientes hospitalares, bem como suas particularidades e limites. Permitiu, ainda, testar a aplicabilidade de conceitos tecnológicos tais como *workflow* e *TMS* a estes ambientes.

O sistema desenvolvido para o teste piloto demonstrou a possibilidade de aumentar a disponibilidade dos recursos na área médica através de um sistema de modelagem, alocação e gerência de *workflow*. Observou-se uma aplicação excelente dos conceitos de *workflow*, procedendo à correta alocação dos profissionais e recursos. Neste sentido os conceitos poderiam ser utilizados em vários contextos administrativos e de gerência tais como: fabricação em série, coordenação de grupos de trabalho, alocação de equipamentos para obras, etc.

A alocação automática com base em modelos pode facilitar significativamente o trabalho administrativo das clínicas e hospitais. No momento da admissão de um paciente, ou mesmo da marcação de um exame específico, a recepcionista não necessita

mais de anotações de apoio ou de extensivas consultas a um sistema de cadastro de profissionais e recursos e nem mesmo de calcular cruzamento de vagas nas agendas de ambos. O sistema gerencia este processo e oferece o melhor horário com o melhor profissional e recurso necessários para o procedimento.

Porém, no ambiente hospitalar, algumas outras necessidades foram identificadas. O sistema de alocação utilizado levou em conta o número de habilidades de cada profissional, ou de funcionalidades de cada recurso, para considerá-lo de maior ou menor prioridade. Este método, por si só mostrou não ser suficiente para uma alocação deveras eficiente, visto que sobrecarrega um profissional ou recurso pelo simples fato de ter um número menor de funcionalidades. Isto ocorreu provavelmente devido ao fato de que o método de alocação só leva em conta o número de habilidades ou funcionalidades e não o seu grau de importância no contexto. Por exemplo, a alocação de um exame de Ultrassom de Abdômen, que pode ser realizado em qualquer dos equipamentos de ultrassom da clínica terá o Ultrassom 1 como primeira opção sempre por ser o que tem um número menor de procedimentos possíveis de serem feitos neste ultrassom. Isto por si só não é um problema. O problema é determinar se isto realmente representa a alocação inteligente. Ou seja, é necessário saber se as funcionalidades a mais do Ultrassom 2 representam estatisticamente um número significativo de exames para determinar que ele deve ser poupado quando da alocação.

Para uma melhora na alocação é necessário aplicar algum método estatístico para determinar a importância de cada habilidade ou funcionalidade definindo assim o seu peso frente às necessidades do hospital. Desta forma a alocação dos recursos poderia ser considerada ótima.

5.4 Objetivos Alcançados

Esta pesquisa possibilitou uma profunda análise dos aspectos práticos da tecnologia de *workflow* quanto à modelagem, otimização e gerencia de processos bem como a sua aplicabilidade ao gerenciamento hospitalar.

Objetivando possibilitar a utilização desta tecnologia procedeu-se a um estudo detalhado dos métodos e técnicas de configuração e planejamento e suas formas de implementação. A metodologia escolhida e desenvolvida foi baseada nos conceitos de Metas/Operadores.

Para adicionar ao sistema a capacidade de reação a mudanças e reconfiguração analisaram-se as técnicas de simulação de raciocínio, justificativas de decisão e replanejamento. Com base nestes estudos foi escolhida a técnica de *TMS (Truth Maintenance System)* e implementado um sistema com características de *JTMS (Justification based TMS)*.

Para a elicitación e representação dos processos hospitalares, bem como para a geração e padronização dos dados a serem gerenciados, foi desenvolvida uma ferramenta gráfica que, baseada na tecnologia de *workflow*, permite representar a sequência de atividades de cada processo com suas características quanto a recursos, materiais e profissionais.

Os conceitos de *workflow* desenvolvidos, com base nas técnicas de configuração, planejamento e raciocínio, geraram uma metodologia capaz de instanciar os processos modelados, alocar e gerenciar profissionais, materiais e recursos para estes processos. Esta metodologia permitiu construir um sistema capaz de representar e gerenciar o processo médico-hospitalar de forma ágil, eficiente e flexível.

5.5 Dificuldades Encontradas

No desenvolvimento do trabalho algumas dificuldades foram encontradas:

- *Hardware* específico: Necessário para os testes de funcionamento da metodologia. Por ser uma solução necessariamente móvel, em função do dinamismo dos processos hospitalares, foi necessário utilizar uma rede *wireless* e alguns computadores de mão. Este material foi cedido pelo Laboratório de Telemedicina da UFSC.

- Campo de aplicação: O campo de aplicação escolhido (ambiente hospitalar) gerou algumas dificuldades na modelagem da ferramenta em função de suas particularidades. Foi necessária a colaboração especializada prestada por doutores colaboradores do projeto. Outra dificuldade foi a existência de dependências temporais entre as atividades que somadas aos horários bastante diferenciados de cada médico representou uma alta dificuldade quando da alocação. Este problema não foi totalmente solucionado com a *engine* de processamento atual.

- Ambiente de Testes: Por ser um projeto voltado ao gerenciamento hospitalar necessitou-se de um ambiente clínico para a realização dos testes práticos. Este ambiente (uma clínica médica) gerou uma série de outras funcionalidades a serem

implementadas para a garantia de segurança e confidencialidade dos dados gerenciados. Por ser uma clínica particular os conceitos de alocação inteligente, de profissionais e recursos precisaram ser adequados, permitindo ao paciente a opção por recursos e profissionais em detrimento das escolhas do sistema.

5.6 Trabalhos Futuros

Esta pesquisa, como parte de um trabalho maior, deixa algumas possibilidades para trabalhos futuros:

- A ferramenta de modelagem dos *workflows* necessita de um módulo de validação dos modelos, que leve em conta, além dos conceitos básicos de *workflow*, também os dados de cada ambiente tais como: recursos disponíveis, normas internas, restrições de processo, etc.

- O sistema de gerenciamento necessita de um mecanismo de mensuração da importância de cada habilidade ou característica dos profissionais e recursos, para garantir uma alocação deveras inteligente. Este mecanismo poderia ser implementado com a utilização de conceitos como RBC (Raciocínio Baseado em Casos) e agregado ao sistema em forma de uma Rede de Restrições.

- A *engine* de gerenciamento de *workflow* pode representar uma ferramenta bastante útil se agregada aos sistemas de telemedicina, como o que hoje está sendo utilizado pela SES-SC (Secretaria de Estado da Saúde – Santa Catarina), permitindo o melhor gerenciamento dos recursos envolvidos. Com ele é possível melhorar o encaminhamento dos pacientes para as centrais de exames, levando em conta a sua localidade de origem, a urgência do procedimento, as distâncias e recursos disponíveis, etc. É possível melhorar a distribuição dos exames pelos especialistas disponíveis para laudos, levando em consideração especialidades, disponibilidades e prazos do exame.

Referências Bibliográficas

AGFA. *Agfa Health Care - Enterprise IS*. Disponível em: <http://www.agfa.com/healthcare/content/index.php>. Acessado em 12/05/2004.

ANDRADE, R., FERREIRA, L., RIBEIRO, M., WANGENHEIM, A. *Medical Workflow Management - Uma Proposta para Gerenciamento do Processo Hospitalar Utilizando a Tecnologia de Workflow Integrada ao Padrão DICOM*. In: Workshop de Informática Aplicada à Saúde-CBComp, 4., 2004, Itajaí. Anais... Itajaí: UNIVALI, 2004. p. 508-511.

BARRET, A. Weld, D. S. *Partial-Order planning: evaluating possible efficiency gains*. Artificial Intelligence, 67: 71-112, 1994.

BARROS, Rodolfo Miranda de. 1997. *Alocação de Atividades em um Sistema de Gerência de Workflow*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

CERI, S.; GREFEN, P.; SÁNCHEZ, G. *WIDE - A Distributed Architecture for Workflow Management*. 1997. disponível em <http://is.tm.tue.nl/staff/pgrefen/Teaching/acis/wide-ride97.pdf>, acessado em 12/05/2003.

CFM – Conselho Federal de Medicina. *RESOLUÇÃO CFM nº 1.638/2002*. Disponível em www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1638_2002.htm. acessado em 12/05/2004.

CFM – Conselho Federal de Medicina. *RESOLUÇÃO CFM nº 1.639/2002*. Disponível em www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1639_2002.htm. acessado em 12/05/2004.

CYCLOPS. The Cyclops Project Web Page. Disponível em <http://cyclops.telemedicina.ufsc.br/>. Acessado em 03/06/2005.

DICOM – *Digital Imaging and Communications in Medicine*. Apresenta links para os documentos do padrão assim como para os suplementos. Disponível em: <http://medical.nema.org>, acessado 12/12/2005.

DOYLE, J. *A Truth Maintenance System*. Artificial Intelligence, 12: 231-272, 1979.

FILHO, Wilson de Pádua Paula. 2001. *Engenharia de Software: Fundamentos, Métodos e Padrões*. 1ª ed. Rio de Janeiro – RJ, LTC Editora.

GE - *Medical Systems. Connectivity*. Disponível em: www.gehealthcare.com/it_solutions/connectivity/ihe.html. acessado em 13/05/2004.

GÜNTER, A; *Flexible Kontrolle in Expertensystemen zur Planung und Konfigurierung in technischen Domänen*, DISKI - Dissertation zur Künstlichen Intelligenz, Universität Hamburg, 1991

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers. *Página oficial da IEEE*. Disponível em: <http://www.ieee.org/>. acessado em 10/01/2005

IMIA, International Medical Informatics Association. *O Código de Ética da IMIA para Profissionais de Informática em Saúde*. disponível em www.sbis.org.br/codigo_etica_imia.htm, acessado em 05/05/2005.

MS-BR Ministério da Saúde - Secretaria Executiva - Área de Informação e Informática em Saúde. 2004. *A Construção da Política Nacional de Informação e Informática em Saúde Versão 1.3*. disponível em <http://politica.datasus.gov.br>, acessado em 08/05/2003.

McALLISTER, D. A. *Truth maintenance*. In: AAAI-90 - National Conference on Artificial Intelligence, 8., Boston, 1990. Proceedings... Boston, Massachusetts: 1990. p. 1109-1116.

NEMA - National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) - Part 1: Introduction and Overview* - Virginia, 2000. Disponível em ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2000/draft/00_01dr.pdf acessado em 05/01/2005.

NILSSON, Nils J.; FIKES, Richard E. *STRIPS - A new approach to the application of theorem proving to problem solving*. 2. ed. California: Stanford Research Institute, 1971. Disponível em: <http://ai.stanford.edu/>. Acesso em: 10 jan. 2005.

OMG. *The Object Management Group*. Web page disponível em: <http://www.omg.org/> acessado em 10/06/2005.

PLESUMS, Charles. *Introduction to Workflow*. 2002. Disponível em http://www.wfmc.org/information/introduction_to_workflow02.pdf, acessado em 01/05/2005.

RICHTER, Michael M. *Weiss: Similarity, uncertainty and case-based reasoning in PATDEX*. In R.S. Boyer (ed.): *Automated reasoning, essays in honour of Woody Bledsoe*. Kluwer, 1991, pp. 249-265

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. – “Artificial Intelligence” - A Modern Approach. 2. ed. (S.l.). Prentice Hall, 1995.

SBIS - Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. 2004. *Manual de Requisitos de Segurança, Conteúdo e Funcionalidades para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (RES)*. Disponível em www.sbis.org.br/GTCERT_20040219_RT_V2.1.pdf, acessado em 08/05/2003.

SIEGEL E. L. CHANNIN D. S. *Integrating the Healthcare Enterprise: a primer. Part 1. Introduction*. Radiographics. 2001 Sep-Oct;21(5):1339-41.

SIEMENS. *Medical Systems. What is IHE?*. Disponível em: www.medical.siemens.com/webapp/wcs/stores/servlet/. acessado em 14/05/2004.

THOM, L. H.; IOCHPE, C. *Uma Estrutura para o Desenvolvimento de Sistemas de Workflow que Integra Técnicas para Identificar, Tratar e Minimizar Problemas Culturais*. In: CONGRESSO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, CACIC, 7. 2001. Santa Cruz. Proceedings... SantaCruz, Argentina: 2001.

TRAMONTINA. Gregório Baggio. 2002. *O Estado da Arte da tecnologia de Workflow*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. Disponível em <http://www.dcc.unicamp.br/~ra014864/arqs/TCC-Workflow.pdf>, acessado em 01/02/2004.

WANGENHEIM, A.v., KRECHEL, D., COMUNELLO, E., BLASINGER, K., Faber, K. REIDENBACH, D. A. *Workflow Component for Knowledge Management in the field of Radiological Examinations*. In: BVM'2000 -Bildverarbeitung fuer die Medizin. v.1. p.6-10, 2000. Munique, Alemanha.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Audit Data Specification*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/TC-1015_v11_1998.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Conformance White Paper*. Disponível em <http://www.wfmc.org/standards/docs/conformance.pdf>, acessado em 10/05/2005.

WFMC - *Workflow Management Coalition. The Workflow Management Coalition Specification*. Disponível em <http://www.wfmc.org>. acessado em 05/01/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. The Workflow Reference Model: 10 Years On*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/Ref_Model_10_years_on_Hollingsworth.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Interface 1: Process Definition Interchange Organisational Model*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/if19807o.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Interface 1: Process Definition Interchange Process Model*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/if19807r3.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Terminology & Glossary*. Disponível em http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Wf-XML 2.0 XML Based Protocol for Run-Time Integration of Process Engines*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs.htm, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Workflow Management Application Programming Interface (Interface 2&3) Specification*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/if2v20.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Workflow Standard – Interoperability Abstract Specification*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/TC-1012_Nov_99.pdf, acessado em 10/05/2005.

WfMC – *Workflow Management Coalition. Workflow Standard – Interoperability Wf-XML Binding*. Disponível em www.wfmc.org/standards/docs/Wf-XML-11.pdf, acessado em 10/05/2005.

WIKIPÉDIA *Wikipédia, a enciclopédia livre*. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/>, acessado em 10/02/2006.

Bibliografia Consultada

ABDALA, D. D. *Cyclops Personal – Uma Ferramenta para Gerenciamento e Visualização de Imagens Médicas no Padrão DICOM 3.0* (Trabalho de conclusão de curso – Ciências da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

ABBOTT, Kenneth R. - *Experiences with Workflow Management: Issues for the Next Generation*. In: Proceedings of the 1994 ACM Conference on Computer- Supported Cooperative Work. Chapel Hill, North Carolina, 1994.

ANDRADE, R., WANGENHEIM, A. v., BORTOLUZZI, M. K., *Using Mobile Wireless Devices for Interactive Visualization and Analysis of DICOM Data*, IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems. New York. p.97 - 101, 2003

ANDRADE, R., WANGENHEIM, A. v., BORTOLUZZI, M. K., “Wireless” & PDA: *uma estratégia para acesso a dados médicos*. Revista da imagem. São Paulo SP, v.26, n.1, p.51 - 57, 2004.

ANDRADE, R.; RIBEIRO, M. ; WANGENHEIM, A. V. *Cyclops Workflow Server: Uma proposta para um modelo de um servidor de fluxo de atividades médico-hospitalar*. In: Workshop de Informática Médica, 2005, Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, 2005.

AVERSANO, Lerina, CANFORA, Gerardo, LUCIA, Andrea de, STEFANUCCI Silvio. 2002. *Automating the management of Software maintenance workflows in a large Software enterprise: a case study*. RCOST - Research Centre on Software Technology. Department of *Engineering*, University of Sannio, Roma.

BLAKE M. B.. *Agent-Based Communication for Distributed Workflow Management using Jini Technologies*. International Journal on Artificial Intelligence Tools, 12(1), March 2003.

BORTOLUZZI, M. K., WANGENHEIM, A. v., MAXIMINI, K. *A Clinical Report Management System based upon the DICOM Structured Report Standard*. IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2003, New York. p.183 – 188, 2003.

CASATI F., CASTANO S., FUGINI M., MIRBEL I., and PERNICI B., *Using Patterns to Design Rules in Workflows*, IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 26, no. 8, 2000, pp. 760-784.

CASATI F., CERI S., PERNICI B., and POZZI G.. *Workflow Evolution*. In Proceedings of ER '96, pages 438--455, Cottubus, Germany, Oct 1996.

CASATI F., CERI S., PERNICI B., and POZZI G.. *Conceptual Modeling of Workflows*. In M.P. Papazoglou, editor, Proceedings of the OOER'95, 14th International Object-Oriented and Entity-Relationship Modelling Conference, volume 1021 of Lecture Notes in Computer Science, pages 341--354. Springer-Verlag, December 1995.

CASATI, F., GREFEN, P., PERNICI, B., POZZI, G., and SANCHEZ, G. *Wide Workflow Model and Architecture*. Technical Report, University of Twente, 1996.

CASATI F., JIN L. J., SAYAL M., and SHAN M. C.: *Load balancing in distributed workflow management system*. In Proc. SAC2001, Aug (2001)

DIENG R. *Comparison of conceptual graphs for modelling knowledge of multiple experts*. In International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, pages 78--87, 1996.

GEORGAKOPOULOS D., HORNICK M. F.: *A Framework for Enforceable Specification of Extended Transaction Models and Transaction Workflows*. Int. J. Cooperative Inf. Syst. 3(3): 599-617 (1994)

GEORGAKOPOULOS D., HORNICK M. F., MANOLA F., BRODIE M. L., HEILER S., NAYERI F., HURWITZ B.: *An Extended Transaction Environment for Workflows in Distributed Object Computing*. IEEE Data Eng. Bull. 16(2): 24-27 (1993)

GEORGAKOPOULOS D., RUSINKIEWICZ M., LITWIN W.: *Chronological Scheduling of Transactions with Temporal Dependencies* VLDB J. 3(1): 1-28 (1994)

GEPPERT A., TOMBROS D., KRADOLFER M., *Market-Based Workflow Management*. In: Lamersdorf W, Merz M, editors. Trends in Distributed Systems for Electronic Commerce. vol. 1402 of Lecture Notes in Computer Science. Springer; 1998. p. 179-191

GEPPERT A. TOMBROS D.. *Event-based Distributed Workflow Execution with EVE*. In Proceedings of the IFIP/ACM Intl Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing(Middleware), The Lake District, September 1998.

HANNEBAUER M.. *From formal workflow models to intelligent agents*. In AAAI-99 Workshop on Agent Based Systems in the Business Context, pages 19--24, Orlando, USA, 1999.

JOOSTEN, S. *Trigger Modelling for Workflow Analysis*. In: Com: Workflow Management, 1994, Vienna. Proceedings... Vienna: [s.n.], 1994. p. 236-247.

JOOSTEN S, PURAO S. *A Rigorous Approach for Mapping Workflows to Object-Oriented IS Models*. J Database Manag. 2002;13(4):1-19.

JOOSTEN, S., BRINKKEMPER, S., *Fundamental concepts for workflow automation in practice*. Proceedings of the 5th Int. Conference on Information System Development, Gdask, September 1996.

KALDOUDI E., ZIKOS M., LEISCH E., ORPHANOUDAKIS S.C. *Agent-Based Workflow Processing for Functional Integration and Process Re-engineering in the Health Care Domain*, Proceedings of EuroPACS'97, Pisa, Italy, pp. 247-250, September 25-27, 1997.

KAPPEL G., RAUSCH-SCHOTT S., and RETSCHITZEGGER W., *Coordination in workflow management systems -- A rule-based approach*. in: Coordination Technology for Collaboration Application, vol. 1316 of LNCS, Springer Verlag, 1998.

KAPPEL G., PROLL B., RAUSCH-SCHOTT S., and RESSCHITZEGGER W.. *TriGSflow: Active Object-Oriented Workflow Management*. In Hawaii International Conference on System Sciences, volume 28, 1995.

KLARMANN, Jürgen: *Using Conceptual Graphs for Organization Modelling in Workflow Management Systems*. In: Proceedings of the Conference Professionelles Wissensmanagement (WM 2001). Universität Stuttgart, Fakultät Informatik. S. 19-23, englisch. Baden-Baden, Germany: Shaker-Verlag, März 2001.

KNUTILLA, A., SCHLENOFF, C., and RAY, S.. *Unified process specification language: Requirements for modeling process*. Technical Report NISTIR 5910, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 1996.

MURTA, Leonardo Gresta Paulino, BARROS, Márcio de Oliveira, WERNER, LIMA, Cláudia Maria, Charon: *Uma Máquina de Processos Extensível Baseada em Agentes Inteligentes*. 2002, COPPE/UFRJ – Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NICKERSON, J. V. (2003) *Event-based Workflow and the Management Interface*. In: Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Jan 6-9. Waikoloa. IEEE Publishers.

OLIVEIRA, J. P. M., EDELWEISS, N., RIBEIRO, C. H. F. P., *Sistema Distribuído para Intercâmbio de Dados de Saúde*. Artigo disponível em <http://www.ip.pbh.gov.br/revista0302/ip0302palazzo.pdf>, acessado em 01/04/2004.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. - *Artificial Intelligence - A Modern Approach*. 2. ed. (S.I.). Prentice Hall, 1995.

SCACCHI, Walt, MI, Peiwei, *Process Life Cycle Engineering: A Knowledge-Based Approach and Environment*, 1996-1997, Information and Operations Management Department, University of Southern California, Los Angeles.

SILVA, André Valadares da. *Modelagem de Processos para Implementação de Workflow: Uma Avaliação Crítica*. 2001. Dissertação de Mestrado apresentada à Univ. Federal do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.gpi.ufrj.br/pdf/teses/Valadares-ModelagemdeProcessosparaWorkflow-MS COPPE-UFRJ-2001.pdf>. Acessado em 10/10/2004.

TOMBROS D., GEPPERT A., DITTRICH K.R.. *Design and Implementation of Process-Oriented Environments with Brokers and Services*. In B. Freitag, C.B. Jones, C. Lengauer, H.-J. Schek (eds). Object-Orientation with Parallelism and Persistence. Kluwer Academic Publishers, 1996.

TOMBROS D., GEPPERT A., and DITTRICH K.. *Semantics of reactive components in event-driven workflow execution*. In Proceedings of the 9th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, June 1997.

TOMBROS D, GEPPERT A. Building *Extensible Workflow Systems Using an Event-Based Infrastructure*. In: Wangler B, Bergman L, editors. CAiSE. vol. 1789 of Lecture Notes in Computer Science. Springer; 2000. p. 325-339.

ZIKOS M., KALDOUDI E. and ORPHANOUDAKIS S., *DIPE: A distributed environment for medical image processing*, in Medical Informatics Europe '97, 2, pp. 465--469, 1997.

Anexo A - TCP-IP Sockets e XML

Neste capítulo é explicada as funcionalidades dos *Sockets* sobre o protocolo *TCP-IP* e sua utilização em conjunto com *XML* para oferecer às aplicações de *workflow* a possibilidade de comunicação entre softwares construídos em diferentes linguagens.

Para entendermos as funcionalidades é interessante delinear os conceitos:

TCP (Transmission Control Protocol): É um dos principais protocolos da *Internet*. Ele permite estabelecer e manter comunicação através da transmissão de pacotes em um formato específico. Ele suporta os protocolos de aplicação mais populares da *Internet* tais como *www*, *e-mail*, etc. Ele é o protocolo intermediário entre o protocolo de *Internet (IP)* e os protocolos de aplicação. Simplificando ele faz a tarefa de transporte da informação de forma confiável. Ele recebe a informação particiona em pacotes de tamanho definido e passa ao protocolo de *Internet (IP)* para o envio ao módulo *TCP* do outro lado da linha de comunicação. Neste módulo, todos os pacotes são checados de acordo com um número de sequência atribuído a cada pacote, certificando assim que todos os pacotes sejam entregue ao seu destino (WIKPÉDIA 2006).

IP (Internet Protocol): É o protocolo de *Internet* responsável pelo endereçamento da comunicação. Ele trata o envio dos pacotes da camada *TCP* endereçando-os através da rede. Os endereços *IP* são números com 32 bits normalmente escritos como 4 conjuntos de oito bits (octetos), por exemplo 128.7.3.6 (representando cada octeto pelo seu correspondente decimal) (WIKPÉDIA 2006).

Socket: É um identificador composto pelo endereço *IP* e o número da porta onde se dará a comunicação. Em alguns casos o nome da máquina (*host name*) pode ser utilizado em substituição ao endereço *IP* (WIKPÉDIA 2006).

Sockets: São APIs (*Application Program Interfaces*) que utilizam o conceito de *socket* sobre *TCP/IP* para permitir a comunicação entre programas. Versões bastante utilizadas destas APIs são, por exemplo, os *WinSock* que são *sockets* específicos para *Windows* (WIKPÉDIA 2006).

XML (Extensible Markup Language): É uma linguagem de marcação capaz de descrever os mais diversos tipos de dados. Ela foi desenvolvida pelo *W3C (Word Wide Web Consortium)* como uma forma de combinar a flexibilidade da *SGML (Standard Generalized Markup Language - Linguagem Padronizada de Marcação Generica)* à

simplicidade da *HTML* (*Hypertext Markup Language*) já largamente utilizada na *Internet*. Esta linguagem, além de definir os dados de uma forma bastante simples, gera um volume de informação bastante reduzido facilitando a transmissão (WIKPÉDIA 2006).

A combinação destes conceitos possibilita a criação de uma *API* robusta, eficiente e flexível. Esta interface permite, através de *XML*, a criação de mensagens de uma aplicação que vão acionar os serviços em outra aplicação. Esta aplicação pode estar na mesma máquina ou em qualquer outra máquina na rede ou na *internet*. As aplicações podem ter sido feitas na mesma linguagem ou em linguagens diferentes. Os únicos pré requisitos são a adequação ao formato das mensagens e o conhecimento dos endereços para criação do *socket* e estabelecimento de conexão. Para conhecimento das mensagens de comunicação em *XML* utilizadas consulte o Anexo C.

Anexo B – Ambiente de Aplicação

Conjunto de dados

Levantando os dados referentes aos exames de Ultra-sonografia encontramos o seguinte cenário:

Recursos

Para a realização destes exames temos disponíveis 3 salas de ultrassom que realizam diferentes procedimentos como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Recursos disponíveis na DMI

Ordem	Procedimento	Sala de Ultrassom 1	Sala de Ultrassom 2	Sala de Ultrassom 3
1	Doppler de bolsa escrotal		X	X
2	Dopplerfluxometria	X	X	X
3	Dopplerfluxometria Obstétrica	X		X
4	USG abdomen total e superior	X	X	X
5	USG aparelho urinário	X	X	X
6	USG articulação	X	X	X
7	USG bolsa escrotal		X	X
8	USG estruturas superficiais		X	X
9	USG glandulas salivares		X	X
10	USG globo ocular		X	X
11	USG mamas		X	X
12	USG obstétrico	X	X	X
13	USG obstétrico morfológico com ou sem doppler	X	X	X
14	USG órbitas		X	X
15	USG pediátricos		X	X
16	USG pélvica	X	X	X
17	USG próstata transretal com biópsia	X	X	X
18	USG próstata via abdominal	X	X	X
19	USG quadril		X	X
20	USG Retroperitônio	X	X	X
21	USG tireóide		X	X
22	USG torax	X	X	X
23	USG transretal		X	X
24	USG transvaginal	X	X	X
25	USG transvaginal c/doppler	X	X	X

A Sala de Ultrassom 1 tem como recurso adicional um equipamento de TV e vídeo que permite a gravação dos exames, sendo assim direcionada (priorizada) para procedimentos específicos que requeiram esta funcionalidade.

Profissionais

A clínica conta, para estes procedimentos, com

- 7 médicos
- 1 recepcionista
- 2 circulantes
- 2 digitadores

Estes profissionais trabalham em horários diversificados conforme demonstrado na Tabela 4:

Tabela 4 – Horários de trabalho dos profissionais da DMI

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Médico 1										
Médico 2										
Médico 3										
Médico 4										
Médico 5										
Médico 6										
Médico 7										
Recepcionista										
Circulante 1										
Circulante 2										
Digitador 1										
Digitador 2										
	M = Matutino		08:00 - 12:30							
	V = Vespertino		14:00 - 18:30							

Os médicos têm habilidades diversas para realizar os procedimentos de acordo com suas especialidades como mostrado na Tabela 5:

Tabela 5 – Habilidades dos médicos da DMI

Ord.	Procedimento	MÉDICOS						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Doppler de bolsa escrotal						X	
2	Dopplerfluxometria		X	X	X	X		
3	Dopplerfluxometria Obstétrica							X
4	USG abdomen total e superior		X	X		X	X	
5	USG aparelho urinário		X	X		X	X	
6	USG articulação					X	X	
7	USG bolsa escrotal			X		X	X	
8	USG estruturas superficiais					X	X	
9	USG glandulas salivares					X	X	
10	USG globo ocular						X	
11	USG mamas	X	X	X		X		X
12	USG obstétrico			X	X	X		X
13	USG obstétrico morfológico com ou sem doppler				X			X
14	USG órbitas						X	
15	USG pediátricos	X						
16	USG pélvica		X	X		X	X	
17	USG próstata transretal com biópsia			X				
18	USG próstata via abdominal		X	X		X	X	
19	USG quadril					X	X	
20	USG Retroperitônio		X	X		X	X	
21	USG tireóide		X	X		X	X	
22	USG torax						X	
23	USG transretal					X	X	
24	USG transvaginal		X	X	X	X	X	X
25	USG transvaginal c/doppler			X	X	X		

Tipos de Exames

Na clínica é possível realizar os seguintes procedimentos (exames de ultrassom) utilizando os recursos e profissionais existentes:

Doppler de bolsa escrotal

4090138 Doppler colorido de órgão ou estrutura isolada (inclui coração)

Dopplerfluxometria

- 3301023 Estudo de três ou mais vasos com *doppler* convencional
- 3301021 Estudo de um vaso com doppler pulsado e contínuo convencional
- 3301022 Estudo de dois vasos com doppler convencional
- 4090135 Doppler colorido transcraniano ou transfontanela
- 4090138 Doppler colorido de órgão ou estrutura isolada (inclui coração)
- 4090142 Doppler colorido de hemangioma
- 4090143 Doppler colorido de veia cava superior ou inferior
- 4090137 Doppler colorido de vasos cervicais venosos bilaterais (subclávias e jugulares)
- 4090145 Doppler colorido arterial de membro superior - unilateral
- 4090146 Doppler colorido venoso de membro superior - unilateral
- 4090147 Doppler colorido arterial de membro inferior - unilateral
- 4090148 Doppler colorido venoso de membro inferior - unilateral
- 4090139 Doppler colorido de aorta e artérias renais
- 4090140 Doppler colorido de aorta e ilíaca
- 4090141 Doppler colorido de artérias viscerais (mesentéricas superior e inferior e tronco celíaco)

Dopplerfluxometria Obstétrica

- 4090124 Obstétrica convencional com Doppler colorido
- 4090128 Obstétrica gestação múltipla com Doppler colorido: cada feto
- 4090201 Obstétrica: com amniocentese

USG abdômen total e superior

- 4090112 Abdômen total (inclui pelve)
- 4090113 Abdômen superior (fígado, vias biliares, vesícula, pâncreas, baço)

USG aparelho urinário

- 4090115 Aparelho urinário feminino (rins, ureteres e bexiga)

4090116 Aparelho urinário masculino (rins, ureteres e bexiga)

USG articulação

4090122 Articular (por articulação)

USG bolsa escrotal

4090120 Órgãos superficiais (tireóide ou escroto ou pênis ou crânio)

USG estruturas superficiais

4090121 Estruturas superficiais (cervical ou axilas ou músculo ou tendão)

USG glândulas salivares

4090103 Glândulas salivares (todas)

USG globo ocular

4090101 Globo ocular - bilateral

USG mamas

4090111 Mamas

USG obstétrico

4090123 Obstétrica

4090127 Obstétrica gestação múltipla: cada feto

USG obstétrico morfológico com ou sem doppler

4090126 Obstétrica morfológica

4090150 Obstétrica: perfil biofísico fetal

USG pélvica

4090117 Abdômen inferior masculino (bexiga, próstata e vesículas seminais)

4090118 Abdômen inferior feminino (bexiga, útero, ovário e anexos)

USG próstata transretal com biópsia

4090203 Próstata transretal com biópsia - até 8 fragmentos

USG próstata via abdominal

4090117 Abdômen inferior masculino (bexiga, próstata e vesículas seminais)

USG quadril

4090122 Articular (por articulação)

USG retroperitônio

4090114 Retroperitônio (grandes vasos ou adrenais)

USG tireóide

4090120 Órgãos superficiais (tireóide ou escroto ou pênis ou crânio)

USG tórax

4090104 Torácico extracardíaco

USG transretal

4090133 Próstata transretal (inclui abdômen inferior masculino)

USG transvaginal

4090130 Transvaginal (inclui abdômen inferior feminino)

4090131 Transvaginal para controle de ovulação (3 ou mais exames)
(inclui abdômen inferior feminino)

USG transvaginal c/ doppler

4090138 Doppler colorido de órgão ou estrutura isolada (inclui coração)

Anexo C – Mensagens XML

Abaixo listamos as mensagens *XML* utilizadas na comunicação entre os clientes e o servidor de *workflows*, explicando a função de cada mensagem:

a_associate_request

Mensagem para solicitar estabelecimento da conexão com o servidor de *workflow*. Ela é enviada para a porta global de conexão (5000). Passa a porta em que o cliente está esperando a resposta. O servidor verifica a conexão e responde ao cliente com a indicação de uma porta de comunicação privada:

```
<?xml version=1.0?>
<SOP>
  <service>a_associate_request</service>
  <object>
    <version>0.1</version>
    <port>6000</port>
  </object>
</SOP>
```

a_associate_response

Mensagem para o cliente confirmar ao servidor que recebeu a resposta ao pedido de conexão. É enviada para a porta de comunicação privada (dedicada a este cliente).

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_associate_response</service>
  <object>
    <client_status>sta4</client_status>
  </object>
</SOP>
```

a_workflow_list

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista dos modelos de workflow disponíveis. O parâmetro *workflow* pode ser utilizado para pedir dados de um *workflow* específico. Neste caso deve ser passado o id deste *workflow*.

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_workflow_list</service>
  <object>
    <workflow>all</workflow>
  </object>
</SOP>
```

a_workflow_instance

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a instanciação de um determinado workflow para um determinado paciente.

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_workflow_instance</service>
  <object>
    <workflow>3</workflow>
    <patient>2</patient>
  </object>
</SOP>
```

a_workflow_instancedList

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a listagem dos *workflows* instanciados.

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_workflow_instancedList</service>
  <object>
    <instancedWorkflow>all</instancedWorkflow>
  </object>
</SOP>
```


a_workflow_start

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor o início de processamento de um determinado workflow. Com isto a primeira tarefa do *workflow* fica liberada para execução.

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_workflow_start</service>
  <object>
    <instancedWorkflow>211442005</instancedWorkflow>
  </object>
</SOP>
```

a_workflow_executionList

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de *workflows* em execução (*workflows* já iniciados).

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_workflow_executionList</service>
  <object>
    <executionWorkflow>all</executionWorkflow>
  </object>
</SOP>
```

a_workflow_taskList

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista da sequência de tarefas de um *workflow* em execução, com suas datas, horários e status de execução.

```
<?xml version=1.0?>
<SOP>
  <service>a_workflow_taskList</service>
  <object>
    <IdWorkflow>1234567</IdWorkflow>
  </object>
```

```
</SOP>
```

a_workflow_activityFinish

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a finalização de uma atividade corrente em um determinado *workflow*.

```
<?xml version='1.0' ?>
```

```
<SOP>
```

```
<service>a_workflow_activityFinish</service>
```

```
<object>
```

```
<executionWorkflow>211092005</executionWorkflow>
```

```
<activityID>22</activityID>
```

```
</object>
```

```
</SOP>
```

a_workflow_activityNext

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a liberação de uma próxima atividade para um *workflow*.

```
<?xml version='1.0' ?>
```

```
<SOP>
```

```
<service>a_workflow_activityNext</service>
```

```
<object>
```

```
<executionWorkflow>211092005</executionWorkflow>
```

```
<priorActivityID>22</priorActivityID>
```

```
</object>
```

```
</SOP>
```

a_resource_list

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de recursos cadastrados.

```
<?xml version='1.0' ?>
```

```
<SOP>
```

```
<service>a_resource_list</service>
```

```
<object>
```

```
<resource>all</resource>
```

```

    </object>
</SOP>

```

a_patient_add

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor o cadastro de um novo paciente.

```

<?Cyclops xml version=1.0?>
<SOP>
    <service>a_patient_add</service>
    <object>
        <name>Maria</name>
        <protocol>27</protocol>
    </object>
</SOP>

```

a_patient_list

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de pacientes cadastrados.

```

<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
    <service>a_patient_list</service>
    <object>
        <patient>all</patient>
    </object>
</SOP>

```

a_actor_list

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de atores cadastrados.

```

<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
    <service>a_actor_list</service>
    <object>
        <actor>all</actor>
    </object>
</SOP>

```

a_actor_authentication

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a autenticação de um usuário.

```
<?Cyclops xml version=1.0?>
<SOP>
  <service>a_actor_authentication</service>
  <object>
    <login>silva</login>
    <password>123</password>
  </object>
</SOP>
```

a_actor_changesPassword

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a troca de senha de um usuário.

```
<?Cyclops xml version=1.0?>
<SOP>
  <service>a_actor_changesPassword</service>
  <object>
    <login>silva</login>
    <password>123</password>
  </object>
</SOP>
```

a_resource_programedAllocationList

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de recursos alocados.

```
<?xml version='1.0' ?>
<SOP>
  <service>a_resource_programedAllocationList</service>
  <object>
    <resource>1</resource>
  </object>
</SOP>
```

a_actor_programedAllocationList

Mensagem para o cliente solicitar ao servidor a lista de atores alocados.

```
<?xml version='1.0' ?>
```

```
<SOP>
```

```
  <service>a_actor_programedAllocationList</service>
```

```
  <object>
```

```
    <actor>1</actor>
```

```
  </object>
```

```
</SOP>
```