

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Filipe da Silva Portela

**Sistemas de Apoio à Decisão na
Medicina Intensiva Baseados na
Descoberta de Conhecimento em
Base de Dados**

Dissertação de Mestrado
Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Manuel Filipe Santos

Outubro de 2009

Declaração

Nome: Carlos Filipe da Silva Portela

Endereço electrónico: portela.mis@live.com **Telefone:** 967562540 / 25241128

Número do Bilhete de Identidade: 12718892

Título dissertação

Sistemas de Apoio à Decisão para a Medicina Intensiva baseada na Descoberta de Conhecimento em Base de Dados

Orientador:

Doutor Manuel Filipe Vieira Torres dos Santos

Ano de conclusão: 2009

Designação do Mestrado:

Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Universidade do Minho, 20/10/2009

Assinatura:

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Manuel Filipe Santos, meu orientador de mestrado, a quem devo a escolha deste tema e motivação para realização deste trabalho de investigação.

Ao Prof. Doutor Álvaro Silva e Doutor Fernando Rua, que me receberam no Serviço de Cuidados Intensivos e me ajudaram a perceber o contexto em que se insere os Sistemas de Informação na Medicina Intensiva, dando complementaridade entre as áreas científicas da Medicina e da Informática.

Ao Prof. Doutor António Abelha e Prof. Doutor José Machado que me ajudaram na realização de algumas tarefas da Dissertação.

Ao CHP e à Universidade do Minho que me acolheram e me deram as condições necessárias para a realização deste projecto de investigação.

Aos meus colegas do grupo de Investigação Marta Vilas Boas e Miguel Miranda que me coadjuvaram, particularmente, quando estive em campanha eleitoral.

A todos os colegas e docentes que me ajudaram e apoiaram na realização desta Dissertação.

Um agradecimento especial para a minha família e para a Ana Rute Sampaio que me ajudaram, apoiaram e deram forças para a realização da Dissertação, especialmente, durante o tempo que estive em campanha eleitoral.

Sistemas de Apoio à Decisão para a Medicina Intensiva Baseado na Descoberta de Conhecimento em Base de Dados

Resumo

A dissertação do Mestrado intitulada “Sistemas de Apoio à Decisão para a Medicina Intensiva baseados na Descoberta de Conhecimento em Base de Dados” insere-se na área dos sistemas de informação inteligentes para a medicina intensiva e pretende demonstrar o estado da arte, apresentar a arquitectura de sistemas de informação e todo o trabalho desenvolvido com o objectivo de criar um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente (SADI) para a Medicina Intensiva.

O aparecimento da medicina intensiva veio possibilitar a recuperação de doentes em fase terminal ou em estado de falência orgânica. Esta recuperação depende, em muito das decisões que são tomadas nas Unidades de Cuidados Intensivos, pois estas podem influenciar mais o *outcome* de um doente do que qualquer intervenção inovadora que possa ser realizada. Nesse sentido, é importante que todas as informações necessárias para a decisão estejam num formato electrónico.

Esta dissertação está enquadrada no projecto de Investigação INTCare e tem como base para a construção do SADI o trabalho desenvolvido no passado. De modo a obter toda a informação necessária, definida anteriormente, foi essencial a reformulação da arquitectura de Sistemas de Informação de modo a que esta possibilitasse a recolha e armazenamento dos dados em tempo real e em modo *online*. A necessidade de encontrar uma solução para a recolha dos sinais vitais e para armazenamento de alguns dos dados que eram registados de forma manuscrita como os da Folha de Enfermagem fez com que fossem analisados outros sistemas semelhantes. Foram ainda definidos alguns dos factores importantes para a decisão e apresentado o modelo de informação para esse sistema.

Neste documento é possível averiguar o progresso que se tem verificado na medicina intensiva relativamente aos SADI e à forma como os dados são recolhidos. Um dos sistemas é o INTCare que, através dos seus vários agentes, permite uma monitorização e aquisição dos dados em tempo real, dados esse que, através de técnicas de Inteligência Artificial são transformados em conhecimento, permitindo assim, a construção de modelos de previsão e decisão que serão integrados num Sistema de Apoio à Decisão Inteligente.

**Decision Support Systems for Intensive Medicine
Based on Knowledge Discovery in Database**

Abstract

Índice

Declaração	i
Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract	vi
Índice	viii
Lista de Abreviaturas	xi
Glossário Médico.....	xii
Lista de Figuras.....	xvi
Lista de Tabelas	xvii
CAPÍTULO I – Introdução	
1. Enquadramento	18
2. Motivação	22
3. Objectivos	23
4. Metodologias de Investigação.....	23
5. Resultados.....	24
6. Organização da Dissertação.....	24
CAPÍTULO II – Análise do “Estado da Arte”	
1. Contextualização	26
2. A Medicina e os Sistemas de Informação	27
2.1 A Medicina Intensiva	27
2.2 O aparecimento dos primeiros sistemas na Medicina.....	28
2.3 Descoberta de Conhecimento em Base de Dados	30
2.4 A evolução da recolha de Dados na Medicina Intensiva.....	32
2.5 Medicina Intensiva – Folhas de Enfermagem.....	36

3.	A Medicina Intensiva e os Sistemas de Apoio à Decisão	37
3.1	Sistemas de Apoio à Decisão presentes nas UCIs	37
3.2	Processo de Tomada de Decisão nas UCIs	39
4.	Adaptive Business Intelligence	46
5.	INTCare – O sistema.....	49
6.	Conclusão.....	51

CAPÍTULO III – Descrição do Problema

1.	Contextualização - Análise do Problema	52
2.	Serviço de Cuidados Intensivos	54
3.	Especificação do Serviço de Cuidados Intensivos	55
4.	Sistemas de Informação presente nos Cuidados Intensivos	58
5.	Sistema de Informação Actual – Recolha de Dados.....	60
6.	Requisitos de Informação	61
7.	Arquitectura do Sistema de Informação.....	64
7.1	Fonte de Informação I – Monitores de Sinais Vitais	65
7.2	Fonte de Informação II – Análises Clínicas	67
7.3	Fonte de Informação III – Folha de Enfermagem	67
7.4	Definição dos Agentes de aquisição dos dados.....	68
7.5	Troca de Mensagens entre os Agentes	70
8.	Sistema de Informação Actual – Análise dos Problemas	72
9.	Conclusão.....	76

CAPÍTULO IV – Sistema de Apoio à Decisão Inteligente para a Medicina Intensiva

1.	Contextualização	80
2.	Configuração do Sistema de Recolha de Sinais Vitais	81

3.	Folha de Enfermagem.....	83
3.1	Desmaterialização da Folha de Enfermagem	83
3.2	FEE – Protótipo	90
3.3	FEE – Fontes de Informação	92
3.4	Resultados Alcançados.....	93
3.5	FEE – Principais Funcionalidades.....	94
3.6	FEE – Implementação.....	95
4.	Sistema de Apoio à Decisão	97
4.1	SAD – Fase de Inteligência.....	97
4.2	SAD – Fase de Concepção	98
4.3	SAD – Fases de Escolha, Implementação e Monitorização	99
4.4	SAD – Factores de Decisão	99
5.	Conclusão.....	100
CAPÍTULO V – Conclusões		
1.	Discussão	101
2.	Resultados Obtidos	104
3.	Trabalho Futuro	106
4.	Considerações Finais.....	107
Bibliografia.....		109
Créditos		115
Anexos		
1.	Análise das Variáveis Fisiológicas.....	116

Lista de Abreviaturas

ABI	Adaptive Business Intelligence
BD	Base de Dados
BI	Business Intelligence
DDS	Data-Driven System
DM	<i>Data Mining</i>
DW	Data Warehouse
ECG	Electrocardiograma
FEBP	Folha de Enfermagem Baseada em Papel
FEE	Folha de Enfermagem Electrónica
HGSA	Hospital Geral Santo António
HL7	Health Level Seven
IA	Inteligência Artificial
MCDA	Análises Clínicas
MSV	Monitores Sinais Vitais
PDCBD	Processo de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados
PMML	Predictive Model Markup Language
RNA	Redes Neurais Artificiais
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SADI	Sistema de Apoio à Decisão Inteligente
SAPS	Simplified Acute Physiology Score
SBR	Sistemas Baseados em Regras
SOFA	Sequential Organ Failure Assessment
UCI	Unidade de Cuidados Intensivos

Glossário Médico

Aminas: As aminas são derivados da amônia pela substituição de um ou mais hidrogênios por grupos orgânicos (eg. Adrenalina, Noradrenalina, Dobutamina). As aminas são usadas para o tratamento de vários problemas clínicos do doente;

APACHE III: Índice que permite fazer uma avaliação fisiológica do estado do doente;

Arritmias: Alterações do ritmo cardíaco normal;

Aspirado gástrico: Aspiração do conteúdo gástrico;

Balanço Hidro-Electrolítico: Balanço entre entradas e saídas no corpo de um doente;

Bilirrubina: Pigmento amarelo que é produto da degradação da hemoglobina. Quando aumenta no sangue, acima de seus valores normais, pode produzir uma coloração amarelada da pele e mucosas, denominada icterícia. Pode estar aumentado no sangue devido a aumento da produção do mesmo (excesso de degradação de hemoglobina) ou por dificuldade de escoamento normal (p. ex. cálculos biliares, hepatite);

Creatinina: Derivado da creatina, é um produto de excreção;

Diástole: Fase de dilatação de uma cavidade do coração, após a sua contracção, durante a qual ela se enche de sangue. É o período de enchimento cardíaco, ao contrário da sístole;

Disfunção Orgânica: Função que se realiza de modo anómalo, com aumento das actividades (hiperfunção) ou com diminuição das actividades (hipofunção) num determinado sistema orgânico;

Diurese: Secreção urinária, natural ou provocada;

Drenagem: Saída ou retirada de material líquido (sangue, pus, soro), de forma espontânea ou através de um tubo colocado no interior da cavidade afectada (dreno);

Electrocardiograma (ECG): Registo da actividade eléctrica produzida pelo coração através da captação e amplificação dos pequenos potenciais gerados por este durante o ciclo cardíaco;

Entradas: Entradas no corpo do doente: dietas, terapeuticas, medicamentos, soro, etc.

Escala de coma de Glasgow: Escala neurológica que parece constituir-se num método confiável e objectivo de registar o nível de consciência de uma pessoa. A escala compreende três testes: respostas de abertura ocular (1-4), fala (1-5) e capacidade motora (1-6). É tido em conta os resultados obtidos separadamente e em conjunto (3-15);

Fezes: Conteúdo intestinal formado de detritos alimentares, secreções, células do aparelho gastrointestinal, e principalmente de bactérias mortas. Nas doenças intestinais as fezes se modificam na forma e no aspecto, podendo ser sanguinolentas, mucosas e líquidas (diarreias), de cheiro ácido, espermático ou pútrido;

FiO₂: Cálculo ou medição da concentração de O₂ distribuída ao doente;

Frequência Cardíaca: Número de batimentos do coração na unidade de tempo, geralmente expressa em batimentos por minuto (bpm);

Glicemia: Quantidade de glicose no sangue;

Glóbulos: Designação das células móveis do sangue e da linfa: glóbulos vermelhos (eritrócitos) e glóbulos brancos (leucócitos);

Medicina Intensiva: Área multidisciplinar das Ciências Médicas que aborda especificamente a prevenção, diagnóstico e tratamento de situações agudas potencialmente reversíveis, em doentes que apresentem falência de uma ou mais funções vitais;

Output: Situação clínica em que o doente se encontra após a saída do serviço;

PaO₂: Pressão parcial do oxigénio no sangue. Fornece a indicação da existência ou não da HIPOXEMIA ARTERIAL;

Plaquetas Sanguíneas: Pequenas massas protoplásticas nucleares, que aderem à superfície interna da parede dos vasos sanguíneos. É um fragmento de célula presente no sangue que é formado na medula óssea. A sua principal função é a formação de coágulos, participando portanto do processo de coagulação sanguínea;

Plasma: Solução na qual se veiculam os diferentes elementos do sangue. É formado principalmente por água na qual se encontram dissolvidos todos os elementos orgânicos e inorgânicos do líquido extra celular (albumina, hormónios, sais minerais, etc.), assim como os elementos figurados (hemácias, leucócitos e plaquetas);

Pressão Arterial (PA): Grau de compressão sanguínea nas artérias. Força exercida pelo sangue arterial por unidade de área da parede arterial. É directamente dependente do débito cardíaco, da resistência arterial periférica e do volume sanguíneo;

Pressão Arterial Diastólica: Pressão mais baixa detectada no sistema arterial sistémico, observada durante a fase de diástole do ciclo cardíaco. É também denominada de pressão mínima;

Pressão Arterial Invasiva: Medida invasiva da pressão arterial, realizada por meio da punção de uma artéria e inserção de uma agulha ou catéter o qual é conectado a um transdutor calibrado, o qual transforma o sinal mecânico (pressão arterial) em sinal eléctrico, que é (após amplificação adequada) registado - pode-se assim medir o nível de pressão batimento a batimento;

Pressão Arterial Não Invasiva: Medida da pressão arterial utilizando o esfigmomanómetro e o estetoscópio (método palpatório ou auscultatório)

Pressão Arterial Sistólica (PA Máxima): Pressão mais elevada (pico) verificada nas artérias durante a fase de sístole do ciclo cardíaco, é também chamada de pressão máxima;

Pressão de Diferencial ou de Pulso: Representa a característica pulsátil da circulação sanguínea, é calculada pela diferença entre a pressão arterial sistólica e diastólica;

Pressão de Pico: Pressão máxima durante a insuflação de gases;

Pressão Expiratória Final Positiva (Peep): Pressão positiva mantida pelo ventilador ao final da exalação, para aumentar a capacidade residual funcional e abrir os alvéolos colapsados;

Pressão Intracraniana (PIC/ ICP): Pressão intracraniana é a pressão exercida pelo crânio sobre o tecido cerebral, fluido cerebrospinal e sangue circulante do cérebro;

Pressão Plateau: Valor da pressão das vias aéreas, medida no momento da pausa inspiratória;

Pressão Venosa Central (PVC / CVP): Pressão hidrostática gerada pelo sangue dentro da artéria direita do coração;

Saídas: Sidas de Fluídos do sistema do doente através das fezes, vômitos, diureses, etc

SAPS II: Índice de gravidade mais utilizado nas UCIs europeias, varia entre 0 e 163 (quanto mais elevado, maior a probabilidade de morte); É calculado a partir de 17 variáveis (e.g. idade, estado de saúde prévio, etc.), que são recolhidas até 24h após o internamento de um doente; Algumas variáveis exigem análises, o que implica custos;

Sinais Vitais: Conjunto de variáveis fisiológicas que são pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura corporal;

Sístole: Movimento de contracção do coração;

SOFA: Sistema que permite determinar o estado de determinada falência orgânica de uma pessoa e qual a sua %. O cálculo final do índice é baseado nos resultados obtidos por cada um dos seis sistemas orgânico: respiratório, hematológico, cardiovasculares, hepático, renal e neurológico;

SpO2: Saturação de oxigénio no sangue;

Terapêutica: Parte da Medicina que estuda e põe em prática os meios adequados para aliviar ou curar os doentes;

Vômitos: Acção de vomitar; emissão violenta, pela boca, de conteúdo gástrico, por contracção do diafragma e da musculatura do estômago;

Lista de Figuras

Figura 1 – Processo de Descoberta do Conhecimento Base de Dados	31
Figura 2 – Processo de Tomada de Decisão: Fases e Tecnologias	42
Figura 3 – HGSA: Processo de Tomada de Decisão	45
Figura 4 – Evolução do modelo BI para o ABI	47
Figura 5 – Sistema INTCare.....	50
Figura 6 – Unidade de Cuidados Intensivos.....	54
Figura 7 – SCI: stakeholders	55
Figura 8 – SCI: Actividades, Sistemas e Processos	56
Figura 9 – Relação entre entidades, actividades e sistemas	59
Figura 10 – Sistema de Recolha de Informação.....	60
Figura 11 – Modelo de Informação - Arquitectura	64
Figura 12 – Descrição Software Implementado	1
Figura 13 – Estrutura de uma mensagem HL7	1
Figura 14 – Exemplo de uma mensagem HL7	1
Figura 15 – Diagrama de Sequência das Mensagens.....	72
Figura 16 – FEE: Fontes de Informação.....	90
Figura 17 – FEE: Ciclo de implementação.....	96
Figura 18 – Arquitectura do INTCare.....	1

Lista de Tabelas

Tabela 1: Variáveis da Mensagem HL7.....	71
Tabela 2: Variáveis clínicas	71
Tabela 3: Especificação do conjunto de Dados PID	85
Tabela 4: Especificação do conjunto de Dados FEB	86
Tabela 5: Especificação do conjunto de Dados VSM	86
Tabela 6: Especificação do conjunto de Dados SS	87
Tabela 7: Especificação do conjunto de Dados AV	87
Tabela 8: Especificação do conjunto de Dados AV	87
Tabela 9: Especificação do conjunto de Dados MCA.....	88
Tabela 10: Especificação do conjunto de Dados HMD	88
Tabela 11: Especificação do conjunto de Dados MCA	88
Tabela 12: Especificação do conjunto de Dados NPL.....	88
Tabela 13: Especificação do conjunto de Dados DC	89
Tabela 14: Especificação do conjunto de Dados SOP	89
Tabela 15: FEE – Fontes de Informação	92
Tabela 16: Diferenças entre a FEBP e a FEE	93

CAPÍTULO I – Introdução

1. Enquadramento

A medicina intensiva tem como principais objectivos os de diagnosticar, monitorizar e tratar doentes com graves doenças e recuperá-los para o seu estado de saúde e de qualidade de vida prévios (Suter, et al., 1994). A prática clínica está focada no suporte à falha dos múltiplos sistemas orgânicos (Coombs, 2003). Este tipo de medicina é usado nas Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), onde o suporte à vida e o sistema orgânico dos doentes graves requerem um acompanhamento intensivo.

Os primeiros computadores nas UCI surgiram por volta de 1960 (Clemmer, 2004) e estavam focados para a monitorização cardiovascular e respiratória dos doentes. Seguidamente foram incorporados os monitores de Sinais Vitais (MSV) dos doentes, para mostrar os sinais electrocardiograma (ECG), sinais da pressão arterial, pressão venosa central, *output* cardíaco, entre outros (Clemmer, 2004). Numa fase mais avançada percebeu-se que era possível armazenar grandes quantidades de dados relativas aos sinais que eram monitorizados à cabeceira. A ideia inicial era então ajudar os médicos no processo de atendimento junto à cabeceira dos doentes, para isso era preciso saber o que pretendiam e o que era realmente necessário. (Clemmer, 2004).

Em complemento e como necessidade de determinar o estado actual de um doente, foram desenvolvidos vários índices que permitem avaliar a gravidade de uma doença. Estes índices tinham como objectivo analisar e quantificar o nível em que o doente se encontra, para isso é tido em conta os dados fisiológicos do doente e alguns parâmetros medidos.

Assim, desde 1981 que, nas Unidades de Cuidados Intensivos, são desenvolvidos e utilizados como sistemas de suporte à decisão os índices da gravidade da doença e os modelos de prognóstico (Silva, 2007). Os modelos de prognósticos utilizam os índices de gravidade da doença para a previsão do risco de mortalidade intra-hospitalar através de um conjunto de variáveis de prognóstico (Silva, 2007). Os modelos prevêem o risco de mortalidade para um conjunto de doentes com um determinado grau de disfunção fisiológica. O problema de grande parte dos modelos é o seu sentido estático, uma vez que as previsões são obtidas após o cálculo do grau de disfunção fisiológica aguda que é avaliado na altura da admissão ou durante o primeiro dia de internamento.

Como forma de obter melhores resultados foram desenvolvidos vários índices de quantificação da falência múltipla de órgãos, no qual se destaca o SOFA (Sequential Organ Failure Assessment). Este índice pode ser considerado como um instrumento que permite monitorizar a evolução clínica do doente ao longo do seu internamento na UCI (Silva, 2007), através da quantificação da falência dos órgãos e sistemas e a sua relação com o *outcome* final (mortalidade intra-hospitalar)(Silva, 2007). Para os modelos de prognóstico tem-se em consideração determinadas características que podem alterar o *outcome*, independentemente da terapêutica aplicada.

Outro dos índices usado para a previsão do *outcome* é o SAPS (Gall, et al., 1984) que conta já com três modelos e engloba (SAPS II) 12 variáveis fisiológicas, idade, diagnósticos crónicos e tipo de admissão. O cálculo do valor do SAPS tem por base os piores resultados registados nas primeiras 24 horas após a admissão (Le Gall, Lemeshow, & Saulnier, 1993). Os sistemas que utilizam este tipo de índices, normalmente seleccionam os doentes, avaliam e registam as variáveis de previsão, calculam o índice de gravidade e transformam-no na probabilidade de mortalidade.

Segundo o Silva (2007) “os índices de disfunção de órgãos quantificam a disfunção fisiológica através da avaliação de seis órgãos e sistemas: respiratório, renal, cardiovascular, hematológico, sistema nervoso central e hepático”.

O índice permite então avaliar a situação de cada um dos órgãos, pontuando-a numa escala de 0 (função normal) a 4 (falência). Estes índices dão a possibilidade de calcular a gravidade da doença de um doente, durante o internamento na UCI, à medida que os órgãos ou sistemas denotam sinais de disfunção ou falência (Vincent, et al., 1998). A soma dos vários índices permite aferir a previsão para o risco de mortalidade.

Alguns autores, como se pode verificar, têm desenvolvido critérios de avaliação para as UCI (eg. SAPS (Le Gall, et al., 1993) ou APACHE (Knaus, et al., 1991)), no entanto, ainda não existe nenhum Sistema de Apoio à Decisão inteligente (SADI) que use esses índices para uma tomada de decisão sobre o fim de vida (Gago, et al., 2006).

O processo de tomada de decisão é um ponto-chave na prática clínica, quer no processo de cuidados de saúde quer na avaliação do prognóstico do doente (Silva, 2007), uma vez, que segundo alguns estudos o erro médico pode ser a oitava causa de morte nos países industrializados (Kohn, Corrigan, & Donaldson, 2000).

A criação de alguns índices pretendem contribuir para a diminuição desta causa. No entanto, a simples recolha dos dados para cálculo desses índices não chega, é preciso algo mais. Surge então uma nova fronteira, a dos Sistemas de Apoio à Decisão (Clemmer, 2004).

Neste sentido, urge desenvolver de Sistemas de Apoio à Decisão Inteligentes que, usem esses índices e sejam capazes de prever um evento antes da sua possível ocorrência e que ajude o médico a decidir o que fazer, de modo a evitar que esse evento ocorra.

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para se intitularem de inteligentes devem ser capazes de se adaptarem às alterações do ambiente (Gago, Silva, & Santos, 2007). O sistema tem de ter a capacidade de aprender e de se adaptar a novas regras, assim, e caso as regras e os modelos sejam alterados o programa mantém a sua fiabilidade e consistência. O desenvolvimento de um sistema inteligente implica a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial.

Segundo Dasgupta e Vankayala (2007), os sistemas inteligentes em tempo real estão ganhando uma atenção crescente na comunidade científica. Com efeito, o desenvolvimento e a manutenção destes sistemas são uma tarefa desafiadora e apresentam uma questão crítica: a de como assegurar que os sistemas podem realmente trabalhar com uma latência quase zero.

Devido à condição complexa dos doentes críticos e da enorme quantidade de dados, é difícil para os médicos decidir sobre o melhor procedimento de modo a que sejam fornecidos os melhores cuidados médicos possíveis. O factor humano pode levar a que sejam cometidos erros no processo de decisão, pois não há tempo suficiente para analisar todas situações, muitas das vezes devido a circunstâncias de stress. Além disso, não é possível analisar e memorizar todos os dados de forma contínua (Pereira, et al., 2007). A rápida interpretação dos dados fisiológicos, que são monitorizados nos cuidados intensivos, é fundamental para avaliação precisa do estado do doente.

A análise dos dados permite apoiar a tomada de decisões através de modelos previsão e de decisão. Os algoritmos que utilizam técnicas de inteligência artificial têm o potencial de contribuir para a realização destas tarefas, mas o seu desenvolvimento requer que os dados sobre os doentes estejam correctos (K. Morik, 2003; Ying, Silvers, & Randolph, 2007).

Actualmente, está a ser desenvolvido um sistema de apoio a decisão inteligente em tempo real, chamado INTCare, cujo objectivo principal é melhorar os cuidados de saúde, permitindo que os médicos tomem uma atitude pró-activa no melhor interesse dos doentes (Gago, et al., 2006; M. F. Santos, Cortez, Gago, Silva, & Rua, 2006a).

INTCare é um projecto de investigação português para a medicina intensiva, diferente dos já existentes a nível mundial, pois vem dar resposta a algumas questões que têm sido pouco abordadas na Medicina Intensiva, como é o caso do *outcome*.

O INTCare procura desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente para a Medicina Intensiva (M. F. Santos, Cortez, Gago, Silva, & Rua, 2006b). O sistema procura, através da utilização de agentes autónomos (M. F. Santos, et al., 2006b) que são responsáveis por um conjunto de actividades, a automatização na recolha de dados e actualização dos modelos em tempo real, sem que para isso seja necessária a intervenção humana. Esses dados são resolvidos do MSV do doente e armazenados numa base de dados local para utilização dos mesmos como base de conhecimento, criando assim uma automação do processo de descoberta do conhecimento (M. F. Santos, et al., 2006b).

A ideia passa por pôr em prática o conceito que tem por base a construção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente que use a Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados e os sistemas baseados em agentes para a resolução de problemas complexos e dinâmicos na medicina intensiva (Gago, et al., 2006).

Assim pretende-se, com a introdução de modelos de decisão, a criação de um sistema, que abranja o maior número de etapas do processo de decisão, inteligência, concepção, escolha, implementação e monitorização (Gago, et al., 2006).

Este sistema, associado a uma boa base de conhecimento, vai possibilitar ao médico tomar decisões de forma instantânea, sabendo que as soluções que lhe são apresentadas são válidas e estão avaliadas de acordo com a situação em que se encontra. O sistema será testado em ambiente real no Serviço de Cuidados Intensivos (SCI) do Hospital de Santo António. Para este caso, importa saber o quanto real pode ser este processo, com que frequência os dados podem ser recolhidos e processados de modo a apresentarem-se perante o utilizador com um elevado grau de fiabilidade e resposta ao problema, permitindo, assim, uma actuação em tempo real.

Esta dissertação apresenta o trabalho realizado tendo em conta o objectivo final da construção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente (SADI) em tempo real. Com o início do projecto verificamos que era necessária uma grande reformulação nos sistemas de informação. Assim, foi necessário desenhar e colocar em prática uma arquitectura de Sistemas de Informação que permite a monitorização contínua e avaliação de um doente durante toda a sua estadia, ou seja, desde que é internado até ter alta.

Além disso, e uma vez que ainda existia muita informação em papel, foi necessário encontrar uma solução que possibilitasse o registo e consulta de dados em modo *online* e que armazenasse na Base de Dados os resultados das análises necessários para cada Doente.

Por fim e após a conclusão do internamento temos acesso ao seu *outcome*, Alta (normal), Alta (falecimento) ou Alta (transferência). Para além desta informação existe um conjunto de outros dados que são fundamentais para a criação do SADI, nesse sentido esta dissertação irá explorar estes aspectos. Após a obtenção de todos os dados pretende-se a criação de modelos de decisão que permitam através do Sistema de Apoio à Decisão Inteligente evitar que os doentes entrem em situação de falência e aumentar o número de doentes com Alta (normal). Com isto vamos procurar mostrar em que é que os SADI podem ajudar as Unidades de Cuidados Intensivos no cumprimento das suas tarefas.

O trabalho levado a cabo nesta dissertação vem dar continuidade ao que vem sendo efectuado para o projecto de investigação INTCare (PTDC/EIA/72819/2006). Todo o trabalho tem vindo a ser desenvolvido em parceria com Centro Hospitalar do Porto. Durante a elaboração deste trabalho e dissertação foram escritos alguns artigos científicos.

2. Motivação

O desafio implícito em cada uma das fases da construção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente em tempo real baseado em modelos de previsão e de decisão, bem como a área de aplicação, a medicina intensiva, onde o objectivo é prolongar a vida de um doente são as principais motivações para escolha deste trabalho e realização desta dissertação.

3. Objectivos

Este processo é progressivo e é preciso atingir objectivos intermédios, assim os objectivos deste trabalho são os seguintes:

- a) Compreensão dos dados, configuração do sistema de recolha de dados automático e consequente armazenamento da informação na Base de Dados
- b) Desenvolver um modelo que viabilize a recolha de dados importantes para o apoio à decisão e actuação em tempo real;
- c) Compreender cada um dos componentes dos sistemas de suporte à decisão;
- d) Definir quais são os factores do processo de tomada de decisão e criar modelos de diferenciação;
- e) Conceber um protótipo para um Sistema de Apoio à Decisão que assegure o maior número de fases no contexto do processo de tomada de decisão (inteligência, concepção, escolha, implementação e monitorização). O protótipo deve ser capaz de, através dos modelos de decisão, suportar o processo de tomada de decisão, para o outcome, falência de órgãos e tratamentos a aplicar nos SCI.

4. Metodologias de Investigação

Durante esta etapa do projecto foram utilizadas várias metodologias de investigação:

Revisão da Literatura – A necessidade de ter presente os conceitos vigentes, bem como o que já foi desenvolvido na área foi importante para o desenvolvimento do projecto;

Entrevista – Foram realizadas entrevistas com o objectivo de compreender a realidade das UCI, de que forma operam, o que necessitam e quais são os factores de decisão;

Implementação – Essencial para o funcionamento do Gateway e da Folha de Enfermagem Electrónica (FEE);

Experiência / Ensaio / Teste – A validação de todo o trabalho só é possível após a utilização do protótipo num contexto real, neste ponto colocamos em testes o gateway e a FEE;

5. Resultados

Este projecto começou em 2004 e até ao momento já foi possível atingir alguns resultados. Resultados esses que nos permitiram aferir a importância do INTCare e avançar para o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente *online* e em tempo real.

Actualmente, o INTCare é capaz de prever a probabilidade de falência de um órgão, a situação clínica do doente para o dia seguinte, bem como o tratamento mais adequado a aplicar. Para conseguir isso, ele utiliza alguns dos índices como é o caso do SOFA e do SAPS II e inclui os modelos induzidos por meio de técnicas de *Data Mining* (M. F. Santos, et al., 2006a). Com base nos resultados obtidos e tendo por base uma nova granularidade temporal, medição ao minuto e actuação em tempo real é muito útil ter modelos capazes de prever valores para a próxima hora, o que significa que o sistema deverá ter a capacidade de se adaptar aos dados em tempo real.

6. Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, sendo o capítulo I a introdução e o capítulo V a conclusão, existindo para além destes ainda mais 3 capítulos:

Estado da Arte (II) introduz e define o problema através da exposição de conceitos e análise de situações semelhantes.

Descrição do Problema (III) apresenta uma análise sobre o problema no contexto real, a arquitectura fundamental para o suporte às necessidades de informação e o sistema de recolha dos sinais vitais. Neste capítulo são definidos alguns dos requisitos para o sistema INTCare e apresentada a arquitectura de sistemas de informação que foi desenvolvida.

Modelação do Sistema de Apoio à Decisão (IV) descreve a parte mais técnica e demonstra todos os passos que foram necessários até ao início da concepção do Sistema de Apoio à Decisão em tempo real. Neste capítulo dá-se real importância à instalação do gateway, à percepção das necessidades da desmaterialização do processo que englobou a construção de uma Folha de Enfermagem Electrónica, o desenho do modelo para o SAD e a definição de alguns factores de decisão que são importantes para a construção dos modelos de decisão.

CAPÍTULO II – Análise do “Estado da Arte”

1. Contextualização

Este capítulo procura expor o problema, dar uma pequena explicação dos conceitos, da situação actual, do que foi feito, quais foram os problemas resolvidos e os que falta resolver.

Para a escrita do estado da arte foram usados artigos que resultaram essencialmente de pesquisas efectuadas em Base de Dados Científico Tecnológicas: “Isi Web of Knowledge”, “Science Direct”, “Google Scholar” e “Scopus”. Os conceitos mais utilizados na pesquisa foram: *Adaptive Business Intelligence, Artificial Intelligence, Business Intelligence, Clinical Decision Support System, Data Acquisition, Decision-Making, Decision Support System, Intelligent Systems, Intensive Care, INTCare, Knowledge Discovery, Medicine, Real Time.*

De entre os vários conceitos encontrados foram efectuadas combinações de modo a filtrar informação e encontrar os melhores artigos. A selecção dos artigos teve por base o número de citações e a qualidade da informação presente no artigo. Os artigos associados ao projecto INTCare foram aqueles que mais contributos deram para a escrita desta revisão de literatura.

O estado da arte está dividido em seis subcapítulos. O primeiro e o último capítulo fazem uma apresentação e uma conclusão do capítulo estado da arte.

A Medicina e os Sistemas de Informação (II) está dividido em cinco subcapítulos e relaciona-se com a área de aplicação, a Medicina Intensiva. Este capítulo vai explicar no que consiste a Medicina Intensiva e o que se tem feito nesta área. Será apresentado, quais foram os primeiros sistemas a surgir na medicina, em que consiste a descoberta do conhecimento, quais os passos que devem ser seguidos até obter conhecimento e qual a relação existente entre este processo e os Sistemas de Apoio à Decisão. Será analisado também a evolução que se tem verificado na recolha dos dados na qual se inclui o registo de dados na Folha de Enfermagem.

A Medicina Intensiva e os Sistemas de Apoio à Decisão (III) apresenta uma introdução ao tema, explicando como surgiram os Sistemas de Apoio à Decisão, o que são e para que servem.

Seguidamente será abordado o Processo de Tomada de Decisão, onde será referido alguns dos modelos existentes e descrito cada uma das fases do processo de decisão do modelo que é usado no INTCare, bem como quais as tecnologias que podem ser usadas em cada uma das fases.

Segue-se o capítulo *Adaptive Business Intelligence (IV)*, onde será explanado o conceito, apresentado os novos módulos e as principais diferenças entre o ABI e o BI e o capítulo *Monitorização e Aquisição Contínua* que explica no que consiste esta etapa e mostra a importância e aplicabilidade da mesma na medicina e nos sistemas ABI.

Por fim, temos um subcapítulo que descreve o INTCare (V) e todo o seu sistema, que consiste na explicação de cada um dos agentes e qual a função específica.

2. A Medicina e os Sistemas de Informação

2.1 A Medicina Intensiva

A medicina intensiva surgiu no século XX e segundo Silva (2007) pode ser definida como uma área multidisciplinar das Ciências Médicas que aborda especificamente a prevenção, diagnóstico e tratamento de situações agudas potencialmente reversíveis, em doentes que apresentem falência de uma ou mais funções vitais. A medicina intensiva utiliza abordagens académicas, como o ensino, a aprendizagem e realização de investigação (Hall, Schmidt, & Wood, 2005) para ajudar a aumentar a capacidade de salvar vidas em risco e a sobrevivência de doentes portadores de doença grave (Silva, 2007).

As Unidades de Cuidados Intensivos (UCIs) preocupam-se com esses doentes e centram os seus esforços na reanimação de doentes que estão em fase terminal, ou no tratamento de doentes que são vulneráveis a uma disfunção orgânica, beneficiando-os de cuidados de prevenção para cada um dos sistemas de disfunção de acordo com os princípios de restabelecimento à fisiologia normal (Hall, et al., 2005). A diferença entre as UCIs faz-se notar pela qualidade e rapidez da resposta que estas dão às falhas dos sistemas orgânicos vitais, utilizando para o efeito protocolos padronizados e eficazes (Hall, et al., 2005).

Na medicina intensiva, o acto de cuidar um doente é mais exigente e requer um maior acompanhamento do mesmo, para isso é necessária a existência de enfermeiros responsáveis por cada doente e que estejam sempre à sua cabeceira de modo a poderem verificar, através dos monitores, o estado e complicações actuais do respectivo doente.

Esta actividade é complexa e por vezes avassaladora, uma vez que, os vários sistemas orgânicos do doente podem ser afectados ao mesmo tempo (Apostolakos & Papadakos, 2001).

Na UCI são fixadas metas terapêuticas que são atingidas através da formulação e teste de hipóteses clínicas. Essas metas terapêuticas devem ter sempre presentes a relação existente entre a intensidade do tratamento e o benefício que traz ao doente. O aparecimento de novos tratamento exige a realização de testes clínicos, enquanto que, as terapias tradicionais exigem uma clarificação dos objectivos e efeitos adversos para o doente de modo a que a terapia possa ser optimizada (Hall, et al., 2005).

Os tratamentos que normalmente são aplicados diariamente na medicina intensiva podem ser de dois tipos, tratamentos que levam a cura do doente ou tratamento paliativos, que tem como principal objectivo atenuar o sofrimento do doente.

Segundo Hall et al. (2005), o processo de tomada de decisão clínico contribui mais para o *outcome* de um doente do que dramáticas e inovadores intervenções ou tecnologias de ponta. Como podemos comprovar com esta afirmação o processo de tomada de decisão é importantíssimo para a medicina intensiva, este processo poderá ser mais eficaz no momento em que for suportado por um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente com um elevado grau de acuidade. Nesse sentido é necessário dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico que se iniciou na medicina e que tem proliferado em particular na medicina intensiva.

2.2 O aparecimento dos primeiros sistemas na Medicina

Foi no início dos anos 80 que começaram a surgir os primeiros sistemas periciais desenvolvidos para a medicina, os sistemas baseados em regras (SBR), que podiam ser vistos como sistemas “*top-down*”, uma vez que começavam por analisar a complexidade do problema clínico e utilizando abordagens simples dividiam o problema até chegar às componentes essenciais, caracterizando cada um dos problemas. Esta abordagem permite simular o processo do pensamento humano de um médico especialista (Hanson Iii & Marshall, 2001).

Os primeiros sistemas que surgiram e que eram considerados como sistemas especialistas, foram o CASNET (Kulikowski & Weiss, 1982) que facilita a interpretação de diagnósticos após introdução de variáveis e aplicação de tratamentos.

O MYCIN (Buchanan & Shortliffe, 1984), que através de dados recolhidos em análises sanguíneas, realiza diagnósticos e identifica automaticamente a existência de bactérias que podem causar infecções.

Temos também o GUIDON (Clancy, 1983) que interage com o MYCIN e reformulando as regras e tabelas deste e utilizando métodos de análise de casos passados ajuda à criação de diagnósticos.

Neste grupo podemos ainda incluir o CADUCEUS (Pople, 1985) que através de uma conjugação de resultados, superior ao MYCIN, encontra-se mais preparados para diagnosticar a presença de doenças complexas ou em simultâneo.

Por esta altura o CADUCEUS e o MYCIN eram dois dos mais importantes sistemas de diagnóstico (Garnham, 1988). Como podemos verificar neste tipos de sistemas não é possível confrontar as decisões, uma vez que, estas estão previamente definidas e baseados no conhecimento inicialmente inserido, convém lembrar que os motivos dos diagnósticos podem mudar e estes sistemas não se encontram preparados para uma mudança.

Avançando uma década verificamos que os sistemas periciais começaram a ter como base de conhecimento as informações obtidas a partir de peritos, informações essas que no entanto não eram suficientes para a resolução dos problemas mais complexos da actualidade (Gago, et al., 2006). Visto a informação obtida dos peritos não ser suficiente, era necessário encontrar uma outra forma de adquirir conhecimento. Uma das alternativas que surgiu foi a de usar como base de conhecimento os dados que eram recolhidos e analisados automaticamente. Esta alternativa provocou uma alteração na forma de construção e aquisição de conhecimento dos sistemas, privilegiando o processo Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (DCBD).

Foi então, nos finais do século XX, que o uso desta técnica de aquisição de dados, ganhou algum interesse pois começou a ser possível trabalhar com grandes volumes de dados e de complexidade superior. Assim é possível afirmar que ao longo da última década a quantidade de dados adquiridos electronicamente tem aumentado exponencialmente (Hanson Iii & Marshall, 2001).

2.3 Descoberta de Conhecimento em Base de Dados

Segundo Negash e Gray (2004), o *Business Intelligence* (BI) converte os dados em informações úteis e através da análise humana converte essa informação em conhecimento. Por outro lado os sistemas de BI combinam, a recolha de dados, o armazenamento de dados e a gestão do conhecimento com as ferramentas analíticas, para apresentar informações complexas e competitivas aos gestores e decisores. A este processo, dá-se o nome de processo de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (DCBD).

A descoberta do conhecimento pode ser definido como: a extracção do conhecimento implícito previamente desconhecido e potencialmente útil a partir da leitura dos dados (Frawley, Piatetsky-Shapiro, & Matheus, 1992). Antes de se obter conhecimento este processo passa por cinco fases: Selecção, Pré-Processamento, Transformação, *Data Mining* e Interpretação (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996).

Na Figura 1 pode-se verificar como se processa a aquisição de conhecimento. Inicialmente define-se os objectivos e selecciona-se um conjunto de dados da Base de Dados (BD), que serão analisados e pré-processados. Nesta fase, existirá uma limpeza dos dados, onde aqueles que não são importantes para os modelos serão eliminados e um processo de “filtragem” que consiste na análise e selecção de todos os dados que apresentem resultados válidos. Na fase seguinte, transformação, os dados podem ou não sofrer alterações. As alterações dependem da qualidade inicial dos dados, ou seja, se todos seguem o mesmo padrão, se não existe resultados iguais mas apresentados de forma diferente, etc.

Estas alterações podem passar por um simples agrupar de variáveis, criação de padrões entre resultados semelhantes, até uma transformação de resultados $\{N;S\} \rightarrow \{0;1\}$. Após a fase de transformação os dados estão prontos para a descoberta de conhecimento através da aplicação de algoritmos de *Data Mining*.

Data Mining (DM), faz parte do processo de DCBD e consiste na aplicação de algoritmos de análise de dados que produzam uma enumeração particular de padrões (ou modelos) sobre os dados (Fayyad, et al., 1996). Os padrões resultantes da fase de *Data Mining* são interpretados como conhecimento e após a sua associação com os modelos de decisão serão utilizados nos Sistemas de Apoio à Decisão Inteligente (SADI) como forma de suportar todo o processo de tomada de decisão.

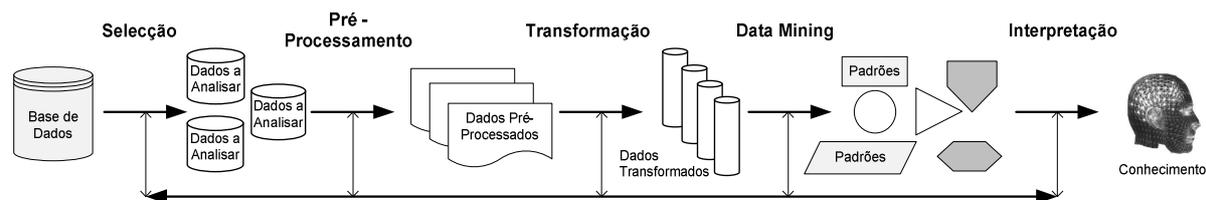


Figura 1 – Processo de Descoberta do Conhecimento Base de Dados (adaptado de(Fayyad, et al., 1996)

Durante o processo DCBD, normalmente surgem um conjunto de problemas. Com o objectivo de reduzir o número de problemas (eg. dados incompletos, valores errados, elevado número de valores nulos) é necessário assegurar a existência de padrões e a veracidade dos dados, ou seja, é preciso verificar se os dados são correctamente recolhidos e estão de acordo com padrões de recolha e linguagens previamente estabelecidas e se a sua qualidade é assegurada. Além disso, é preciso filtrar informação e ter garantia de que os dados recolhidos são os mais importantes para o processo, ignorando aqueles de menos interesse. Por fim é preciso que todo o processo seja eficiente, para isso é necessária uma correcta implementação do processo (Frawley, et al., 1992). Segundo Frawley et al. (1992) o conceito Base de Dados pode ser definido como uma colecção de dados logicamente integrados, mantidos em um ou mais arquivos organizados de modo a facilitar o armazenamento eficiente, modificação e recuperação de informações necessárias.

Os problemas mais comuns no processo DCBD e que dificultam uma correcta absorção do conhecimento prendem-se com a alteração constante dos dados, ou seja, dados dinâmicos, valores omissos, ruído e incertezas nos dados (Frawley, et al., 1992). Muitos dos erros dependem do tipo de dados que são recebidos e não são coerentes, demonstrando aqui a falta de padrões anteriormente descrita e do nível de ruído, que é medido pela qualidade e exactidão dos dados e que depende em muito de um correcto processo de recolha de dados.

O processo de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados é fundamental para a criação de sistemas de BI que, tendo por base a análise inteligente de dados e aplicação de técnicas de *Data Mining*, procuram dar respostas aos problemas a que são sujeitos. Podemos então considerar *Business Intelligence* como um processo que tem como principal objectivo ajudar os humanos na realização das suas actividades, auxiliando-os no processo de tomada de decisão. Um das fases mais importantes para a DCBD é o processo de aquisição dos dados.

2.4 A evolução da recolha de Dados na Medicina Intensiva

A aquisição de dados em tempo real implica a existência de um sistema que seja responsável pela recolha de todos os dados essenciais para o Sistema de Apoio à Decisão. Este processo pode ser dividido em duas fases, monitorização e recolha e armazenamento. Inicialmente serão verificadas quais as variáveis mais importantes para o projecto que posteriormente através de sensores, ou outro tipo de instrumentos ou tecnologias, serão monitorizados. Segue-se a segunda fase que é a da recolha e armazenamento. Esta fase é a mais complexa pois envolve vários factores (técnicos, humanos, ambientais) que condicionam a recolha dos dados de um *gateway* e conseqüente armazenamento na Base de Dados. Normalmente a monitorização é contínua e a percentagem de falhas não é elevada, o problema surge na comunicação entre o sistema de monitorização e o de armazenamento.

Podemos então concluir que monitorizar é fácil o difícil é armazenar os dados. Para a realização destas tarefas muito tem contribuído os algoritmos que usam técnicas de Inteligência Artificial (Zhang, Silvers, & Randolph, 2007)

Na medicina existem muitos sistemas que ficam pela primeira fase, a monitorização, esta fase é muito usada na Telemedicina pois dá a possibilidade aos médicos de em qualquer parte do mundo e através da internet verificar em que estado se encontra o doente, para isso basta analisar, remotamente, os MSV do doente (Breslow, 2007). A Telemedicina dá ao médico, sempre que este assim o entender, a possibilidade de realizar intervenções que podem melhorar o *outcome* do doente (Fuchs, Berenholtz, & Dorman, 2005).

A Telemedicina é visto, nos países mais desenvolvidos como uma técnica do futuro (Lucas, 2008), numa visão mais avançada podemos questionar o que será deste tipo de medicina se lhe adicionarmos um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente que permite ao médico após análise remota do estado doente, ter um suporte que o auxilie no processo de tomada de decisão. Para este futuro muito pode contribuir o INTCare e o sistema que está a ser desenvolvido.

A existência de estudos para a realização de Sistemas de Apoio à Decisão Inteligentes em tempo real, semelhantes ao que pretendemos implementar, em áreas distintas da medicina intensiva é uma realidade. Como exemplo, temos a engenharia civil onde cresce a necessidade de implementação de um sistema de apoio à decisão, automático e em tempo real, que permita prever o comportamento das estruturas das pontes (Quintela, Santos, & Cortez, 2007).

O aumento do número de falhas nas estruturas reforça a necessidade de uma avaliação contínua das mesmas, para isso é necessário a utilização de uma nova geração de tecnologias que permitem o acompanhamento em tempo real e consequente apoio à decisão através de sistemas especialistas, que podem ajudar na manutenção, segurança e gestão das estruturas (Quintela, et al., 2007).

As políticas de manutenção mostram ser necessário a incorporação, nos sistemas de gestão das pontes de modelos baseados em técnicas de Inteligência Artificial como as Redes Neurais Artificiais (RNA) que permitam a previsão da condição de deterioração, utilizando para isso os dados recolhidos em tempo real através de sensores nas estruturas (Quintela, et al., 2007), dados recolhidos após inspeções dos especialistas e através da realização de testes (destrutivos e não destrutivos nas pontes). Uma das dificuldades prende-se com a criação dos modelos, devido à alta complexidade dos dados e as relações entre as diversas variáveis (Quintela, et al., 2007).

Este sistema ainda está em desenvolvimento, nesse sentido ainda não actua em tempo real, apenas cria modelos de *Data Mining* que tem por base a Descoberta de Conhecimento contínua. Neste estudo podemos ter uma ideia de como os dados podem ser recolhidos e monitorizados em tempo real e que não é fácil dar o “salto” para Sistemas de Apoio à Decisão que actuam em tempo real.

Como uma primeira análise, podemos concluir que a existência destes estudos só vem beneficiar os intervenientes, empresas ou instituições em causa. No entanto é preciso delinear Sistemas de Apoio à Decisão integrados, onde cada uma das componentes anteriormente descritas se encontra presentes nuns só sistemas. Agregando todas estas componentes num SAD podem surgir sistemas inteligentes com uma boa base de conhecimento e modelos de qualidade capazes de apoiar a decisão em tempo real sempre que requisitados.

Um dos sistemas que conjuga a recolha de dados em tempo real com o módulo de adaptabilidade do Adaptive Business Intelligence (ABI) é o Sistema de Apoio à Decisão para a gestão adaptativa em tempo real das zonas húmidas sazonais na Califórnia (Quinn & Hanna, 2003). O uso da adaptabilidade permite melhorar a gestão das zonas húmidas através da monitorização de fluxo e salinidade e validação contínua, o que permite actualizar o sistema sempre que necessário, permitindo assim minimizar os efeitos negativos da drenagem nas zonas húmidas sobre a qualidade da água no rio (Quinn & Hanna, 2003).

Na medicina intensiva, denota-se uma clara evolução desde que os computadores começaram a fazer parte das UCI, como é o caso da Telemedicina. Com o avançar das novas tecnologias podemos afirmar que tanto, os médicos e enfermeiros, como os próprios doentes só têm a beneficiar com o desenvolvimento e incorporação de sistemas de informação nestas unidades.

Apesar desta evolução quem está nas UCI apercebe-se de que falta algo, uma vez, os processos de tomada de decisão ainda são complexos e por vezes demorados, isto deve-se, ao facto de os Sistemas de Apoio à Decisão Inteligentes ainda não serem uma aposta clara destes serviços. Este tipo de sistemas ajudam à compreensão da informação que, surge em abundância e é gerada durante o processo de internamento (Imhoff, Morik, & Gather, 2001).

Os dados obtidos do processo DCBD apenas serviam para um acesso à informação em formato digital, uma vez que até altura todos os sistemas da época tinham como base de conhecimentos os dados adquiridos manualmente (Imhoff, et al., 2001). Por esta altura já se perspectivava, devido à evolução que a Inteligência Artificial vinha a ter, que o conhecimento podia ser formalizado e controlado automaticamente, deixando as estruturas de dados repartidas (Imhoff, et al., 2001).

Neste sentido, os dados passaram a ser recolhidos através de MSV dos doentes, extraídos e organizados de modo a que se transformassem em informação. O perito passava a intervir numa fase posterior à da recolha de dados pois, este deve interpretar a informação antes que ela se torne em conhecimento para diagnóstico e/ou fins terapêuticos (Hanson Iii & Marshall, 2001).

O perito deixa de ter os dados em papel e passa-os a ter numa base de dados no entanto, sempre que precise de tomar uma decisão tem de procurar na base de dados toda a informação que necessita, o que normalmente influencia e atrasa a tomada de decisão. Neste ponto torna-se útil a construção de um Sistema de Apoio à Decisão que organize e disponibilize os dados essenciais para a decisão tendo por base a informação resultante dos processos de recolha.

Assim, surge uma segunda geração de Sistemas de Apoio à Decisão para a qual muito contribuíram os *Data-Driven System* (DDS) que estão preparados para, usar em excesso uma grande quantidade de dados (Storey & Faulkner) e procurar a natureza deles. Com os DDS esta geração de sistemas retiravam vantagens da grande quantidade de dados que era possível armazenar electronicamente podendo criar padrões e assumir comportamento futuros, que podem ser previstos através de comportamentos passados (Hanson lii & Marshall, 2001)). Este tipo de sistemas é visto como “botton-up”, onde os dados são gerados e interpretados pelo sistema e usados para descrever as características de outro sistema.

Na medicina em especial nas UCI os fluxos de dados fisiológicos contínuos são obtidos a partir dos muitos sensores e monitores ligados aos doentes que estão em situações críticas (Mahmoud, 2003) gerando um grande quantidade de dados. O transporte fiável, recolha e gestão desses fluxos de dados em tempo real é um processo importante para análises médicas quer *online* quer *offline* (Mahmoud, 2003), assim é criado um arquivo completo com dados do doente durante todo o seu internamento na Unidade de Cuidados Intensivos.

Um dos sistemas desenvolvidos foi a aquisição de dados para uma Unidade de Cuidados Intensivos cardio-torácica (Mahmoud, 2003).

Dois dos objectivos eram a recolha das variáveis fisiológicas dos doentes em tempo real e a recolha e exploração de qualquer parâmetro médico, resultados de testes, configurações de equipamentos e doses médicas bem como a sincronização dos dados com as variáveis fisiológicas registadas (Mahmoud, 2003).

A utilização de equipamento sofisticado permite então uma monitorização de alta frequência aos múltiplos parâmetros fisiológicos que são necessários para os Sistemas de Apoio à Decisão. Estes dados podem também ser usados para a construção de SADs que simulam possíveis terapias baseadas em antibióticos (Thursky & Mahemoff, 2007).

Como podemos verificar, na medicina a necessidade de apoio à decisão em tempo real é elevada, por vezes os médicos consideram ser difícil tomar decisões precisas quando existe uma sobrecarga de variáveis e resultados. Segundo Miller (1956), os seres humanos têm uma grande dificuldade em desenvolver respostas precisas para problemas que envolvem mais do que sete variáveis. Neste caso o problema torna-se ainda mais complexo, pois normalmente as decisões podem ser fatais e o tempo de actuação é limitado. Esta situação só pode ser ultrapassada com a construção de Sistemas de Apoio à Decisão.

Estes tipos de objectivos vão de encontro aos estipulados pelo INTCare, onde a recolha de dados em tempo real para toda a Unidade de Cuidados Intensivos é evidente bem como uma futura conjugação entre os dados monitorizados e os tratamentos efectuados. Assim pretende-se dar suporte aos médicos no processo de tomada de decisão de modo a que a decisão seja aplicada dentro dos limites temporais aconselháveis. Neste campo a aplicação de técnicas de *Data Mining* (redes neuronais, árvores de decisão) demonstrou ter um enorme potencial na previsão de situações clínicas.

No entanto, convém sublinhar que o número de estudos realizados onde essas técnicas foram aplicadas, num ambiente real, é muito limitado (Gago, et al., 2006), bem como a construção de modelos de decisão que validem todo o trabalho realizado. Assim, além de o sistemas prever possíveis situações clínicas futuras também permite decidir o que fazer de modo a que sejam evitadas prováveis complicações para os doentes.

2.5 Medicina Intensiva – Folhas de Enfermagem

Existem três tipos de registos de saúde electrónicos (Neves, Santos, Machado, Abelha, & Salazar, 2008). Tradicionalmente, os registos médicos (McMillen, 2008) são baseados na solução em papel. Os dados sobre os doentes são mantidos em arquivos manuscritos. Actualmente, o ambiente médico evoluiu para uma fase em que se baseia nos sistemas de informação para acesso à informação dos doentes. Portanto, os ficheiros baseados papel tornaram-se uma solução sub-ótima (Feng, 2007). As folhas de enfermagem são um tipo de registo médico que, no ambiente da UCI, normalmente contêm dados demográficos e históricos do doente.

À posterior foi incluído o diagnóstico de enfermagem corrente, as observações, os medicamentos administrados e os dados monitorizados, como Frequência Cardíaca, a Diurese e o Glasgow.

Esta forma de trabalho é muito demorada porque implica o acesso e a análise das informações do doente durante todo o dia, bem como a integração com os dados de outras aplicações. Com isto, as informações críticas podem não estar disponíveis quando necessárias e pode haver problemas de legibilidade dos dados escritos à mão. Além disso, com a quantidade de dados que são produzidos diariamente, seria um desperdício não usá-la para apoiar o processo de decisão. Tudo isto só pode ser possível com utilização de dados digitais.

3. A Medicina Intensiva e os Sistemas de Apoio à Decisão

3.1 Sistemas de Apoio à Decisão presentes nas UCIs

Os primeiros Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) surgiram na década de 70 (Vahidov, 2002) e têm por base modelos de tomada de decisão que analisam um elevado conjunto de variáveis que permitem a resposta a uma determinada questão. Além de serem “um sistema computacional que auxilia o processo de tomada de decisão” (Finlay, 1994), são também “um sistema de informação interactiva, flexível e adaptável, especialmente desenvolvido para o apoio à solução de um problema e para o aperfeiçoamento da tomada de decisão (Efraim Turban, Aronson, & Liang, 2005). Estes sistemas podem ser agrupados em dois tipos (Arnott & Pervan, 2004): o primeiro envolve o uso de sistemas especialistas baseados em regras e o segundo que normalmente utiliza técnicas de Inteligência Artificial (IA): redes neuronais, algoritmos genéticos e *fuzzy logic* (Efraim Turban, et al., 2005).

Os SAD inserem-se na área dos sistemas de informação e estão focados no suporte e melhoramento do processo de tomada de decisão (Arnott & Pervan, 2004).

Na medicina intensiva, verifica-se a presença de alguns SADs que ajudam a tomada de decisão como é o caso do Guardian (Larsson & Hayes-Roth, 1998) que através de um agente autónomo e da cooperação entre vários algoritmos produz diagnósticos e planos terapêuticos para actuação em tempo real. Apesar de actuar em tempo real o conhecimento usado para a produção dos resultados já se encontra armazenado na Base de Dados. Analisando um estudo realizado em 2007 sobre sistemas com módulos de abstracção temporal (Stacey & McGregor, 2007), podemos verificar a existência de alguns sistemas que utilizam dados em tempo real (*streaming*), enquanto outros utilizam dados da Base de Dados *offline*, no entanto nenhum deles segue as cinco fases de um processo de tomada de decisão.

De entre os vários sistemas destaca-se o sistema inteligente para a gestão da ventilação e oxigenação (Belal, Taktak, Nevill, & Spencer, 2005). Este sistema utiliza dados monitorizados em tempo real, baseia-se nos resultados obtidos e variações das variáveis SaO₂, tcpO₂ e tcpCO₂ existentes, define acontecimentos e limites para elas. Sempre que o sistema se apercebe que esses limites são ultrapassados envia alertas no sentido da resolução e regulação dos valores.

Entre os acontecimentos definidos está por exemplo os minutos que o sistema tem de esperar após alterações em cada uma das variáveis, ou depois de qualquer procedimento de aspiração, ou ainda após qualquer alteração no doente. Só após esse tempo de espera é que o sistema faz recomendações e envia alertas.

Além destas condicionantes, o utilizador pode também adicionar factores que influenciem o envio dos alertas, tais como, lançar diagnósticos, alterar o modo de ventilação, etc.

Outro dos sistemas existentes e que tem por base a utilização de dados em *streaming*, propõe uma nova abordagem para o reconhecimento de arritmias cardíacas em electrocardiogramas (ECG) (Carrault, Cordier, Quiniou, & Wang, 2003). Os sinais ECG reflectem as alterações de tensão que ocorrem na superfície do corpo quando o músculo cardíaco é provocado por eventos eléctricos (Carrault, et al., 2003). O objectivo do sistema é a partir de um conjunto de elementos representativos dos exames ECG caracterizar as arritmias cardíacas. A regra de classificação de uma arritmia tem por base doze derivações presentes no ECG clássico (Carrault, et al., 2003). As derivações normalmente são recolhidas pelo cardiologista, neste caso, passaram a ser monitorizadas pelo sistema, que em conjunto com as regras pré-definidas permite reconhecer a presença de uma arritmia. Os algoritmos do sistema estão preparados para o processamento dos dados em evolução e para a produção de novos conjuntos de regras tendo como base os novos dados disponíveis que podem ser fornecidos por exemplo por outros sensores. Assim, este sistema ganha vantagem no processamento de sinais devido à monitorização contínua.

Podemos concluir que, ambos os sistemas são inteligentes porque utilizam a recolha de dados *online* e perante os valores obtidos decidem, em tempo real, o que fazer, no entanto, e uma vez que ambos estão baseados em regras, apenas indicam uma solução possível para o problema, não abordando os efeitos que esta poderá ter no futuro ou outras formas de o resolver.

O sistema de oxigenação deveria ter em conta outras variáveis e após análise destas, utilizava os modelos de decisão para então enviar alertas e dar indicações ao médico de quais seriam as implicações que a alteração de valores podia trazer. No caso das arritmias, o sistema também deveria ser capaz de, ao reconhecer uma arritmia, dar indicações que permitissem determinar a origem da arritmia. Após o médico ter descoberto a origem da arritmia e com a ajuda dos modelos de decisão, este decidia o que fazer, sabendo quais os riscos que tinha ao optar por uma determinada solução.

Agora e verificando que este tipo de sistemas traz benefícios a quem os utiliza, é preciso provar que a utilização de dados em tempo real na medicina intensiva pode influenciar o processo de tomada de decisão, tornando-o mais eficaz através da utilização de modelos de suporte à decisão em tempo real que permitem agir a tempo de resolver o problema.

3.2 Processo de Tomada de Decisão nas UCIs

O processo de tomada de decisão pode ser delineado segundo vários modelos como por exemplo: o modelo de Simon, o modelo político, o modelo de processo, o modelo do contentor e o modelo de McGrath (Marreiros, 2007).

Um destes modelos foi proposto por um dos pioneiros da Inteligência Artificial e Prémio Nobel da Economia (Marreiros, 2007): Herbert Simon sugeriu o seu próprio modelo, o da racionalidade limitada, onde segundo ele as pessoas agem de forma racional em função do conhecimento e da percepção que obtêm (Simon, 1960). O modelo de Simon baseia-se em três etapas, inteligência, concepção e escolha.

Uns anos mais tarde, este modelo sofreu uma alteração e foi adicionado por (Sprague Jr & Carlson, 1982) uma nova fase: a implementação.

Com esta alteração obtém-se um modelo mais completo, que pode ser considerado como aquele que mais se adequa aos SAD, uma vez que, está destinado à modelação da tomada de decisão num nível individual. Este modelo, não contempla processos de negociação que visam encontrar uma solução, que seja genericamente aceite por todos os membros de um grupo (Marreiros, 2007).

No entanto, e apesar de não existir um processo de negociação, todos os intervenientes podem, em momentos oportunos, dar a sua contribuição para o processo de tomada de decisão final, sem nunca por em causa a ideia inicialmente definida.

Segundo Efraim Turban et al. (2005), o processo de tomada de decisão é composto por cinco fases, uma vez que o processo tradicional deve incluir uma fase pós-implementação. Partindo desta ideia o processo pode ser dividido nas quatro fases iniciais: Inteligência, Concepção, Escolha e Implementação, mais a Monitorização que vem facilitar a interpretação e aplicação dos modelos num contexto real.

Na fase da **Inteligência** o problema é identificado, definido e classificado como sendo programado ou não programado (Efraim Turban, et al., 2005). Se o problema for complexo este é subdividido em pequenos problemas de maior facilidade de resolução. Os dados do problema úteis para a sua resolução são recolhidos e armazenados. Por fim, é analisado o ambiente, a realidade e os objectivos do problema, resultando numa definição do estado actual do problema.

Segue-se a fase da **Concepção** que consiste na construção e validação dos modelos representativos para o problema e na definição dos critérios de avaliação (Efraim Turban, et al., 2005). Nesta fase a solução começa a ser desenhada. Primeiro são definidas quais as alternativas de acção, a seguir são analisadas potenciais soluções para essas alternativas. Na etapa seguinte são elaborados modelos para essas alternativas, é testada a viabilidade das soluções e validados os resultado obtidos.

Finalmente, é necessário estabelecer os objectivos para a decisão, avaliar e definir os riscos, bem como o seu grau de aceitação e identificar todas as variáveis que possam influenciar a decisão, descrevendo as ligações existentes entre elas, de modo a que seja possível estabelecer quais são os critérios e restrições a incorporar nos modelos. Assim, obtém-se um processo de escolha entre a simplificação e a correcta representação da realidade (E. Turban & Aronson, 2001).

Na terceira fase, **Escolha**, são definidas as propostas de solução para o problema. Esta etapa inclui a descrição da aceitabilidade das soluções abordadas tendo em conta três pontos: optimização, racionalização e sub-optimização (Efraim Turban, et al., 2005).

Assim, pretende-se averiguar o efeito de cada um das alternativa, classificá-las tendo em conta o bom e mau de cada uma e o número de acções que cada uma envolve e perceber quais as decisões que podem ser tomadas em separado, sem o conhecimento de toda a organização. Nesta fase de Escolha devem ser efectuadas simulações para cada uma das alternativas e estas devem ser testadas em diferentes cenários.

No final, deve-se escolher o melhor modelo e determinar o decurso da acção, através de técnicas de análise, algoritmos, entre outras e analisar a robustez do modelo.

A **Implementação**, quarta fase, é responsável por colocar em prática a solução escolhida, ou seja coloca-se a solução a funcionar (Efraim Turban, et al., 2005).

Nesta fase podem surgir algumas complicações derivadas da resistência à mudança por parte de algumas intervenientes e pode ainda ser necessário incluir outras actividades paralelas à implementação tais como a formação do utilizador e apoio à gestão. Se esta fase falhar o processo retorna à fase de modelação (E. Turban & Aronson, 2001).

Por fim, surge a fase da **Monitorização** também caracterizada por alguns autores como controlo. Esta fase consiste inicialmente no acompanhar de todo o processo de implementação, procurando garantir que tudo é implementado de acordo com o estipulado. Posteriormente esta mesma fase é responsável pela monitorização e gestão da solução escolhida, ou seja, assegura um correcto funcionamento da solução implementada.

Na seguinte imagem (Figura 2) podemos verificar a ligação existente entre cada uma das fases e as tecnologias que são usadas em cada uma delas. Cada uma das fases está dependente da conclusão da anterior e só após o seu término, é que se pode iniciar uma nova fase.

O conhecimento pode ser obtido através da aplicação de algoritmos de *Data Mining*, de seguida o conhecimento é usado, por exemplo, através de ferramentas de gestão do conhecimento (KMS), na concepção do sistema. De entre as várias hipóteses resultantes na fase anterior será escolhida a melhor, que será implementada, posteriormente, através de algumas das ferramentas disponíveis.

Por fim, e de forma contínua, o sistema será monitorizado de modo a que seja assegurado o seu grau de fiabilidade.

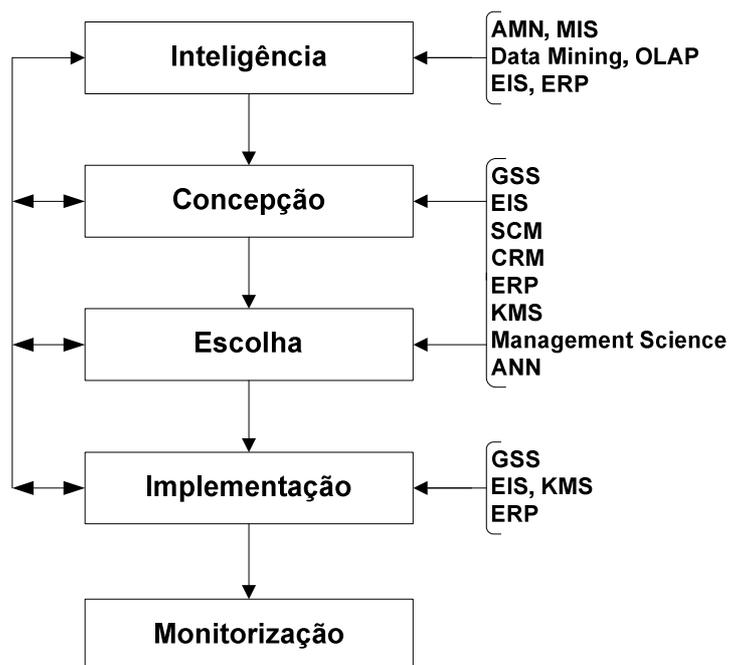


Figura 2 – Processo de Tomada de Decisão: Fases e Tecnologias (adaptado Efraim Turban, et al., 2005)

Para cada uma das etapas, o BI procura através de um conjunto de conceitos e metodologias, contribuir para a realização das mesmas. O objectivo final é melhorar a capacidade de resposta dos SAD, para que sempre que este seja solicitado a auxiliar a tomada de decisão seja capaz de dar a possibilidade ao utilizador, de entre várias alternativas, escolher a melhor decisão. Estes sistemas permitem que o decisor tenha um rápido acesso à informação, realize análises, e as configure às necessidades de cada um e de cada problema.

Dentro do grupo de sistemas que beneficiam do BI podemos encontrar os já referidos Sistemas de Apoio à Decisão, os Sistemas de Gestão do Conhecimento, o OLAP, o *Data Mining* e os Sistemas de Gestão de Informação, entre outras tecnologias que são usadas em cada uma das fases do processo de tomada de decisão.

Na prática e analisando os sistemas de planos investimentos intangíveis de Kivijarvi e Tuominen (1999) e branqueamento de capitais de Gao e Xu (2009), podemos verificar como os SAD podem beneficiar da aplicação dos conceitos e metodologias definidas pelo *Business Intelligence* em conjunto com a criação de modelos de decisão, surgindo assim os Sistemas de Apoio à Decisão Inteligentes (SADI). No entanto e apesar da ausência de conhecimentos em tempo real nos sistemas descritos, este tipo de SADI representam já um avanço relativamente aos sistemas que têm por base as técnicas de DM e que apenas apresentam uma solução, pois estes já podem integrar modelos de decisão.

Diariamente os médicos têm de tomar decisões importantes nas UCIs, para isso, eles elaboram diagnósticos, criam planos terapêuticos e definem o futuro de um doente, melhorando ou não o seu estado inicial. Nos anos 70, o processo de tomada de decisão sobre o tratamento a aplicar num doente era diferente, as decisões eram tomadas tendo como base a avaliação dos sintomas do doente e não os diferenciais de diagnóstico médico (Coombs, 2003). Actualmente, as decisões são mais ponderadas, onde tanto os sintomas dos doentes como os diagnósticos médicos são levados em conta. As decisões mais difíceis são aquelas que se prendem com o suporte à vida, neste caso as questões a analisar são mais sensíveis, porque um pequeno erro pode resultar no agravamento das condições de vida do doente.

A suspensão do tratamento é uma questão controversa nas Unidades de Cuidados Intensivos, uma vez que, agora é possível prolongar a vida por longos períodos de tempo sem esperança de recuperação (McMillen, 2008). Este tipo de decisão é um exemplo das decisões que se podem tomar nas UCIs. Os enfermeiros têm uma posição privilegiada que lhes permite contribuir para os processos de tomada de decisão pois, cuidam diariamente dos doentes e mantêm contacto directo com as suas famílias. Assim, podem tomar uma posição relativamente ao tratamento que vá de encontro à vontade dos doentes e família, escolhendo por exemplo entre a morte ou o deixar morrer.

Apesar desta posição os enfermeiros nem sempre são convidados a participar no processo de decisão (McMillen, 2008). Neste tipo de decisões as questões éticas não são esquecidas e por vezes são retirados uns tratamentos em substituição de outros superiores. Com a criação de um SAD, as opiniões e decisões tomadas por cada um dos indivíduos intervenientes nas UCIs virão a fazer parte da base de conhecimento, eliminando assim alguns conflitos existentes entre os médicos e os enfermeiros no acto da decisão.

Um dos problemas nas tomadas de decisão, é como já foi descrito o tempo de decisão, segundos os enfermeiros o conceito de tempo emergiu como um factor importante na decisão de retirada de tratamentos, o momento certo não é só importante para o doente e familiares como a nível pessoal (McMillen, 2008). Neste ponto a presença de um sistema inteligente aumenta a capacidade e rapidez da acção.

Além disso, também evita algumas frustrações e angústias por parte dos enfermeiros (McMillen, 2008) quando as decisões são tomadas muito rapidamente (sem grande base de conhecimento) ou muito demoradamente (à procura do conhecimento ideal).

Após a análise do estudo efectuado por McMillen (2008) é possível verificar a importância que os enfermeiros têm no processo de decisão, pois estes contribuem com informações extras para que possam ser tomadas as decisões mais correctas sobre o fim de vida. Acrescentando o facto de por vezes a limitação dos recursos, nas Unidades de Cuidados Intensivos, forçar os médicos a ter a certeza de que os tratamentos são unicamente aplicados às pessoas que podem beneficiar deles (Gago, et al., 2006), a opinião dos enfermeiros não deve ser esquecida. Assim e devido a falta de alguma informação as decisões críticas, tais como, interrupção de tratamentos de suporte à vida e não prescrição de ordens de reanimação, são consideradas fúteis (Gago, et al., 2006).

Para contrastar este facto é importante que um médico tenha um conjunto de informações extra que o possa ajudar a decidir, independentemente de onde surgem ou quem as cria. A qualidade dessa informação pode determinar o que fazer com um doente ou tratamento específico. Pode-se então concluir que, para a modelação dos processos de tomada de decisão de um Sistema de Apoio à Decisão as informações e opiniões dos enfermeiros nunca devem ser postas de parte e estas devem ser complementares às dos médicos. Só assim, é possível desenvolver um sistema inteligente que seja capaz de apoiar a decisão nos momentos mais críticos.

De momento e tendo em conta o trabalho já realizado no INTCare, o processo de decisão na UCI pode ser descrito da seguinte forma (quatro fases de Turban) (Gago, et al., 2006),

Inteligência: Os médicos e enfermeiros recolhem os dados fisiológicos sobre a situação actual do doente. Com base na informações recolhida estes avaliam o estado da doença e decidem sobre o tratamento a aplicar, qual a sua importância e brevidade, bem como o grau de realização.

Concepção: Os médicos após avaliar o estado da doença criam possíveis cenários (terapêuticos) de acção. Normalmente são divididos em duas categorias a actuação rápida e assumida pelo próprio, para casos onde o estado da doença obriga a intervenção urgente, ou actuação após decisão do grupo, em casos onde os tratamentos a aplicar ou decisões a tomar serão de grande responsabilidade ou definitivas (eg. ordens de reanimação, suspensão do sistema de suporte à vida). Durante este processo podem ser consultados outros intervenientes, quer sejam ou não da unidade dos cuidados intensivos.

Escolha: Após a análise de todas as hipóteses anteriormente criadas, uma é escolhida tendo por base alguns factores de decisão. A decisão escolhida será final e será aquela que será posta em prática.

Implementação: O cenário terapêutico associado à decisão será aplicado no respectivo doente.

Monitorização: Ainda não foi aplicada.

Na Figura 3, temos uma representação hierárquica do processo de decisão utilizado no Hospital Santo António (HGSA).

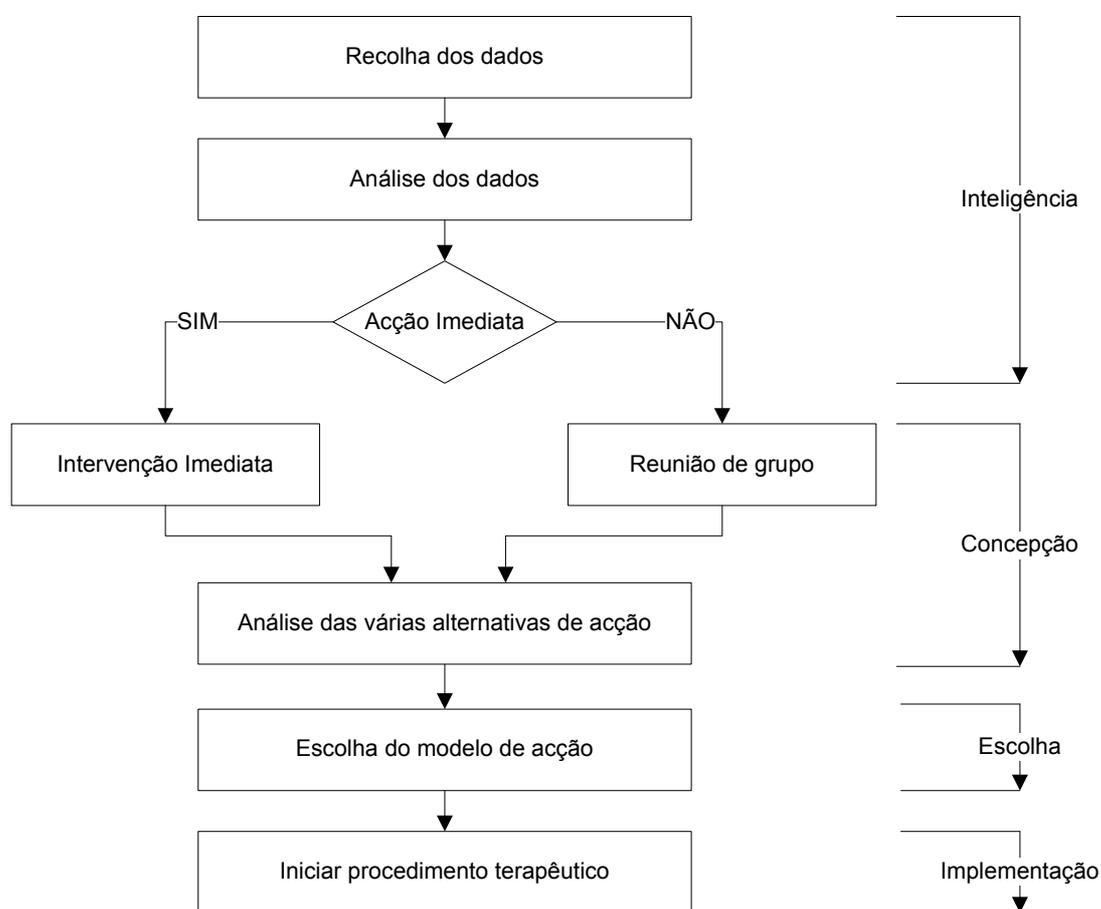


Figura 3 – HGSA: Processo de Tomada de Decisão (adaptado de Gago, et al., 2006)

Actualmente nas UCIs, os médicos analisam os dados clínicos disponíveis e confiando na sua experiência decidem se precisam ou não de intervir. A informação normalmente provém dos monitores que estão colocados ao lado da cama, ou de anotação que são retiradas periodicamente e é usada para descobrir qual a acção a realizar e qual o decurso que esta deve levar.

No entanto, podemos verificar que a informação disponibilizada por vezes não é suficiente, não é apresentada na forma mais correcta ou então não chega a tempo da decisão.

Abordando as cinco fases do processo de tomada decisão, anteriormente descritas, podemos observar que as mesmas podem ser aplicadas nas mais diversas áreas e contextos. No entanto e analisando a área da medicina intensiva podemos verificar que ainda não existe nenhum Sistema de Apoio à Decisão que siga estes parâmetros. O sistema INTCare procura assim corrigir a lacuna existente nas UCI (Gago, et al., 2006), no que à disponibilização de informação e rapidez de resposta a um problema diz respeito. Assim pretendemos disponibilizar informação, de alto nível e de confiança, que privilegie a tomada de decisão por parte dos médicos privilegiando a situação clínica dos doentes.

No entanto, podemos-nos questionar: e se os SAD tivessem a capacidade de se adaptar às alterações que se forem fazendo ao longo do tempo, sem ser necessário alterar todo o sistema, ou efectuar qualquer intervenção humana?

4. Adaptive Business Intelligence

Zbigniew Michalewicz apercebeu-se da lacuna anteriormente referida e criou o conceito de *Adaptive Business Intelligence* (ABI) (Michalewicz, Schmidt, Michalewicz, & Chiriac, 2007). A principal diferença entre os sistemas tradicionais e estes é que os sistemas de ABI incluem processos de tomada de decisão que são baseados em previsões e optimizações. O sistema ABI pode ser definido como uma disciplina de previsão e optimização utilizando técnicas para construção de sistemas de auto-aprendizagem e decisão (Michalewicz, et al., 2007).

A Adaptabilidade é uma parte fundamental dos sistemas inteligentes, pois se um sistema não tiver a capacidade de se adaptar, este não se pode intitular de inteligente. De salientar o facto que actualmente as definições de Inteligência natural e artificial já incluem o termo *adaptive* (Michalewicz, et al., 2007).

O *Adaptive Business Intelligence* veio introduzir alterações significativas ao modelo inicial de Business Intelligence. Inicialmente apenas existiam dois módulos, ou seja, aqueles que eram usados para a descoberta de conhecimento em Base de Dados e que transformavam os Dados em Informação e consequentemente em Conhecimento. Com o surgimento do ABI passaram a existir mais duas etapas a adaptabilidade e a decisão.

Ao analisarmos a Figura 4 apercebemo-nos que a principal diferença nos modelos encontra-se entre a fase do conhecimento e da decisão. Entre estas duas fases existe o género de um ciclo suportado por dois módulos: previsão, optimização e uma etapa a adaptabilidade.

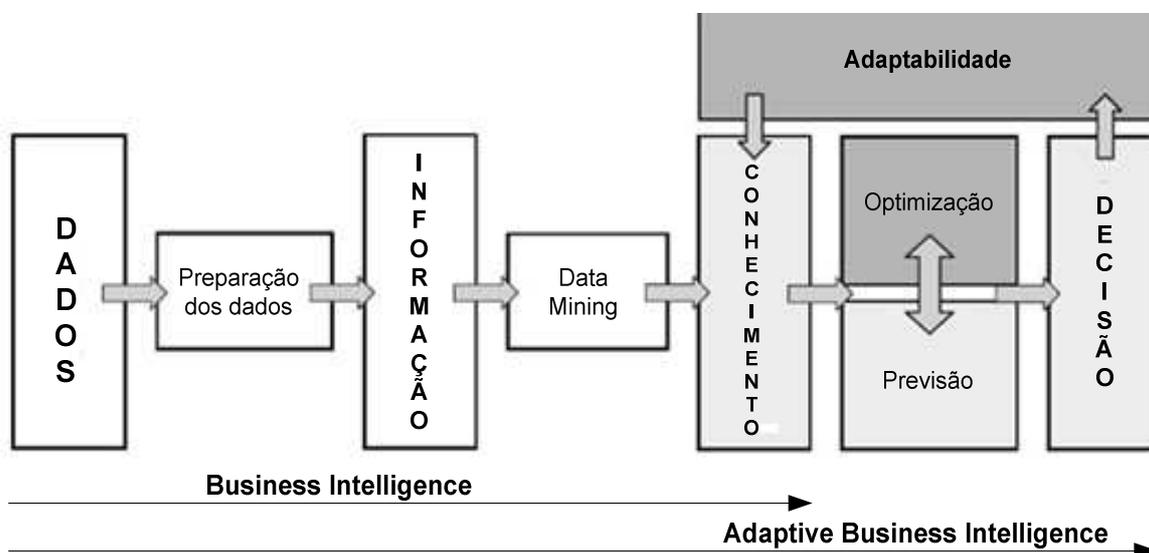


Figura 4 – Evolução do modelo BI para o ABI (adaptado de (Michalewicz, et al., 2007)

A presença destas alterações nos Sistemas de Apoio à Decisão, como complemento à decisão, são importantes pois só assim é que os sistemas se podem intitular de inteligentes, pois têm a capacidade de prever a otimizar as soluções.

Na **Previsão** e de modo a que os modelos possam ser induzidos e permitam prever um conjunto de atributos, é necessário “treinar” o modelo com os dados históricos. Durante este processo o modelo “aprende” com os dados de treino. Desta forma, o modelo passa, com um determinado grau de fiabilidade, a poder devolver resultados para a variável que queremos prever, utilizando para isso o conjunto de atributos de *input*.

A **Optimização**, módulo da última fase do método do *Adaptive Business Intelligence* consiste na optimização dos valores obtidos pelo modelo gerado, sendo analisados todos os resultados e escolhidos os melhores. A passagem por este módulo é essencial.

A optimização contém fórmulas que escolhem e/ou modificam os resultados anteriormente obtidos, utilizando vários critérios e métodos. Estes serão novamente utilizados no treino do modelo, para que este devolva soluções cada vez mais correctas e fiáveis, criando assim modelos válidos.

A etapa da **Adaptabilidade** é fundamental, pois apesar de os modelos desenvolvidos serem capazes de prever e otimizar resultados com grande precisão, estes não são suficientes nos dias correntes. Analisando o ambiente actual que está em constante mudança e as variáveis que têm cada vez mais importância e contornos diferentes, é necessário que os modelos gerados se consigam adaptar às transformações.

Tendo em conta estas novas necessidades, a função deste módulo é a de comparar os resultados obtidos pelo sistema com os resultados reais do problema, desta forma os erros que o sistema está a cometer são detectados e alterados de modo a que se adapte às novas necessidades. Passa a ser possível detectar os erros e corrigir os pesos do modelo de previsão.

A principal diferença entre um sistema de *Business Intelligence* e um outro de *Adaptive Business Intelligence* está no resultado final. Enquanto um gera conhecimento (*Business Intelligence*) que suporta a decisão, o outro utiliza esse conhecimento para a criação de respostas que suportam o processo de tomada de decisão (*Adaptive Business Intelligence*).

A procura destes sistemas faz com que ao longo da última década a utilização de técnicas de Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados tenha aumentado, no entanto grande parte dos SAD usam dados em modo *offline*, onde os dados são recolhidos, armazenados e só depois é que são tratadas para utilização dos modelos. Com o surgimento do ABI começou-se a perceber que para a criação de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente é essencial usar dados em tempo real. Para isso começaram a ser desenhados sistemas que utilizam a aquisição de dados em tempo real.

5. INTCare – O sistema

O sistema INTCare é, como já foi referido, composto por um conjunto de agentes - sistema de computador encapsulado que se encontra situado em algum ambiente e que é capaz de, através de uma acção autónoma e flexível nesse ambiente, satisfazer os objectivos traçados (N. R. Jennings, 2000), garantindo a funcionalidade de todo o sistema.

Na Figura 5, podemos verificar como todo o sistema funciona. O agente entrada de dados *clínicos* é responsável pela captura dos dados clínicos (M. F. Santos, et al., 2006b) inseridos pelos médicos (SAPS, SOFA) e enfermeiros. Os dados monitorizados são recolhidos e armazenados numa base de dados através de um equipamento contratado. Os enfermeiros asseguram que os dados recolhidos automaticamente são o mais preciso possível.

Ambos os dados são armazenados e analisados pelo *agente de pré-processamento* que é responsável pela correcta ligação de todos os valores (M. F. Santos, et al., 2006b), criando assim um registo médico válido para o doente que é guardado num Data Warehouse (DW).

No patamar da gestão do conhecimento, o *agente inicialização* preenche a Base do Conhecimento como os modelos obtidos do *offline training* (Gago, et al., 2006), enquanto que o *agente de Data Mining*, sempre que for solicitado pelo agente desempenho, é responsável pela criação de novos modelos através da aplicação de algoritmos de IA. Seguidamente os modelos são armazenados, através do PMML (*Predictive Model Markup Language*) na Base do Conhecimento (M. F. Santos, et al., 2006b).

Esta arquitectura está projectada para trabalhar num ambiente real, permitindo a adaptabilidade dos modelos a diferentes situações. Assim é possível uma recolha de dados a nível *online* (monitorização contínua) e *offline* (inserção manual na BD). Neste sentido o *agente de desempenho* efectua consultas contínuas à DW, a fim de realizar actualizações estatísticas. No meio surge o *agente agrupamento* (ainda não implementado) que pretende melhorar o desempenho dos sistemas de previsão e para isso combina os vários modelos com o objectivo de construir uma resposta. Os modelos são apagados da base do conhecimento conforme estiver definido na estratégia de aprendizagem.

No patamar seguinte, o da inferência, temos o *agente recuperação* que tem como objectivo recuperar a partir do DW as informações solicitadas pela agente interface (Gago, et al., 2006).

O *agente de previsão* procura responder às questões através da aplicação dos modelos guardados na base de conhecimento em conjunto com os dados armazenados na Data Warehouse. Neste caso são criados vários cenários que são avaliados através do *agente avaliação de cenários*.

Por fim temos a *interface* que através do seu *agente interface* permite uma interacção entre o sistema e os médicos, facilitando a requisição e recolha de prognósticos e avaliação de cenários (M. F. Santos, et al., 2006b). De futuro é expectável uma ligação às outras UCIs através do agente de conexão.

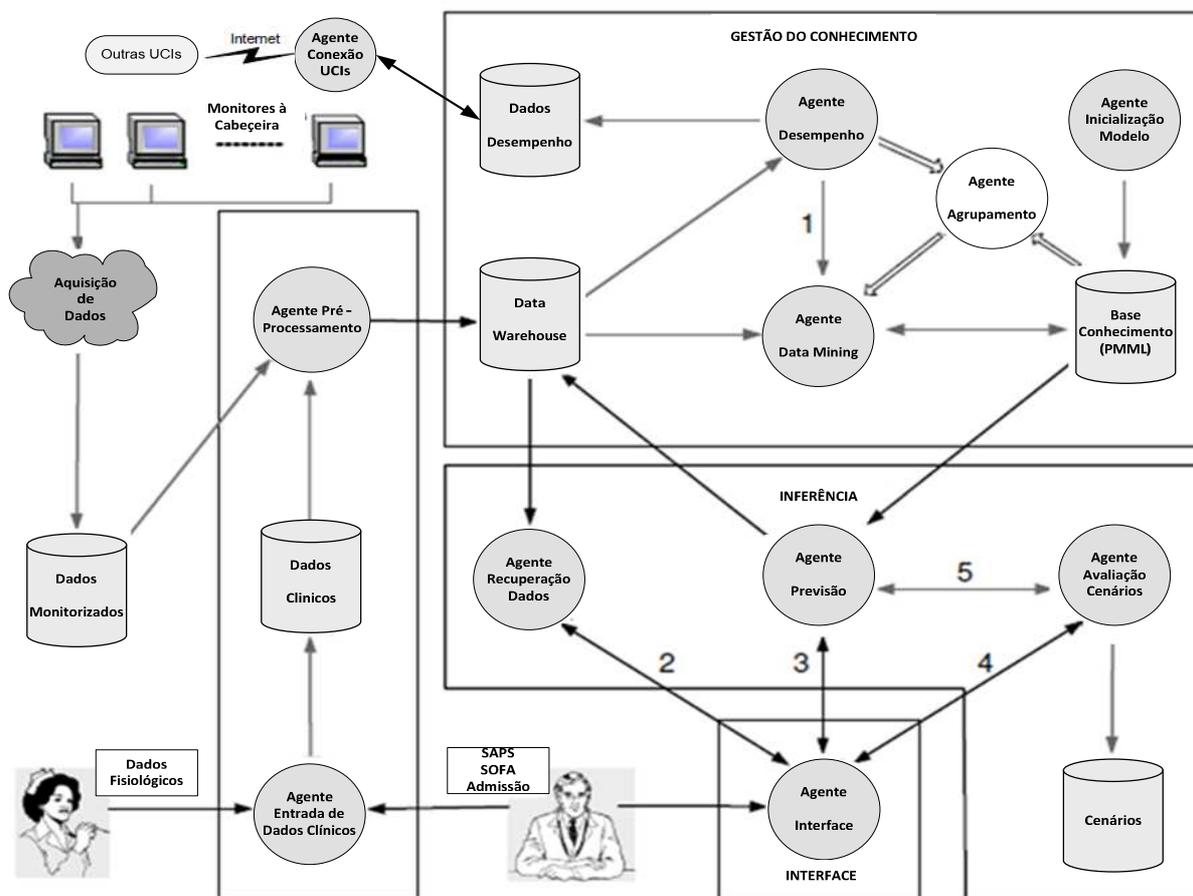


Figura 5 – Sistema INTCare (adaptado de (Gago, et al., 2006)

A versão actual do sistema contribui para primeira etapa do processo de tomada de decisão, ou seja, a fase inteligência. Durante a primeira etapa e antes de se avançar para o processo de decisão foram estudado e trabalhados um conjuntos de dados. Esses dados, os que foram utilizados no INTCare para a aplicação de técnicas de IA, eram dados com qualidade obtidos em modo *offline*, ou seja, não foram recolhidos automaticamente, mas sim armazenados manualmente numa BD (EURIKUS) previamente definida.

Estes dados quando combinados com técnicas de DM permitiram a criação de clusters para a previsão da falência dos órgãos.

6. Conclusão

Neste capítulo foram abordados conceitos associados ao tema e analisado o que de mais importante se tem produzido para a medicina intensiva. Verificou-se a existência de alguns sistemas que apoiam a decisão mas que no entanto não seguem, propriamente, um modelo de tomada de decisão. Os Sistemas de Apoio à Decisão actuais procuram, de uma forma ou de outra, dar ao médico um conjunto de indicações sobre quais os medicamentos e doses a aplicar, gestão automática do ventilador e ajuste da melhor terapia respiratória para o doente, entre outras operações (Clemmer, 2004).

O INTCare procura, através da criação de modelos de decisão, avançar este patamar e apoiar a tomada de decisão em situações tão delicadas como é a falência de órgãos e o suporte à vida. Neste momento, é preciso dar continuidade ao trabalho desenvolvido e, como se pode verificar no seguinte capítulo, já foram obtidos mais alguns resultados.

CAPÍTULO III – Descrição do Problema

1. Contextualização - Análise do Problema

Na Medicina Intensiva urge da criação de Sistemas de Apoio à Decisão que sejam capazes de ajudar as equipas médicas no processo de tomada de decisão. Como já foi descrito anteriormente, esta dissertação pretende, com base nos últimos resultados obtidos pela equipa de investigação, desenvolver, implementar e experimentar um sistema de informação inteligente, baseado em técnicas de *Data Mining* e no paradigma dos agentes, para o auxílio da prestação de cuidados de saúde a doentes graves, nomeadamente a previsão do outcome e disfunção de órgãos em tempo-real. (Manuel Filipe Santos, 2006).

Nesse sentido, tem-se levado a cabo um projecto que tem como objectivo a criação de um Sistema de Apoio à Decisão que seja capaz de, através dos modelos de previsão e decisão, prognosticar a falência orgânica e sugerir opções de tratamento que venham a evitar as falências previamente diagnosticadas / detectadas. A partir da década de 60, verificou-se uma expansão mundial no número de Unidades de Cuidados Intensivos (UCIs). No decurso desta expansão, a prática da Medicina Intensiva, assim como dos avanços tecnológicos, contribuíram para a aquisição de novos conhecimentos da Fisiopatologia do doente grave e técnicas de monitorização e terapêutica (Manuel Filipe Santos, 2006). O Centro Hospitalar do Porto, mais concretamente na Unidade Hospitalar Santo António (HGSA) que conta actualmente com duas Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), o Serviço de Cuidados Intensivos (SCI) e a Unidade de Cuidados Intensivos Polivalentes (UCIP). O SCI, serviço ao qual estamos directamente a trabalhar, conta com 12 camas no serviço e cada enfermeiro tem à sua responsabilidade 2 doentes.

Após o primeiro contacto com o serviço foi possível verificar que existem diversos modelos de prognóstico (e.g. SAPSII ou APACHE III) que são utilizados quer para a previsão do resultado clínico final (risco de mortalidade hospitalar), quer para a avaliação do desempenho clínico das UCIs. Contudo, estes modelos, baseados numa regressão logística, utilizam dados colhidos somente nas primeiras 24 horas de estadia. Além disso, necessitam de ser calibrados para as populações em estudo (calibração fraca). Outra limitação apontada, reside na não inclusão de resultados clínicos intermédios que ocorrem durante o internamento na UCI (Manuel Filipe Santos, 2006).

É de notar que o serviço utiliza também alguns indicadores de disfunção de órgãos (SOFA), como forma de descrição da morbidade diária. No entanto, a utilização destes modelos não é muito fiável quanto ao resultado clínico final do doente, devido à sua fraca calibração. A importância e dimensão deste serviço “obrigava” a construção de um sistema de informação que possibilita-se a recolha e armazenamento, para futuro tratamento e análise, dos dados que diariamente eram monitorizados.

Esta necessidade surge devido aos sinais vitais dos doentes apenas estarem a ser monitorizados, ou seja, os médicos e os enfermeiros apenas podiam consultar os dados em determinados intervalos de tempo.

O enorme desenvolvimento que se tem assistido nas tecnologias de informação e comunicação, contribuíram para que os dados monitorizados e clínicos possam ser registados e armazenados de modo automático. As bases de dados resultantes deste tipo de armazenamento apresentam um elevado volume e complexidade. Dado que os peritos humanos são limitados, torna-se crucial a adopção de técnicas de descoberta automática de conhecimento, para extrair informação de alto nível que auxilie o decisor (Manuel Filipe Santos, 2006).

A inexistência de alguma informação desencadeou a criação de um modelo de informação que viabilize a recolha de dados importantes para o apoio à decisão e actuação em tempo real.

2. Serviço de Cuidados Intensivos

Um serviço de cuidados intensivos é composto por várias camas que contém um conjunto de instrumentos e monitores, estes servem para monitorizar os sinais vitais do doente, auxiliar os enfermeiros na aplicação de tratamentos e os médicos na tomada de decisões. Na Figura 6 é possível verificar o aspecto de uma cama numa Unidade de Cuidados Intensivos. É possível ainda verificar alguns dos instrumentos que são referenciados durante a dissertação:

- A. Monitor de Sinais Vitais (MSV)
- B. Folha de Enfermagem (FEBP)
- C. Conjunto de Sensores

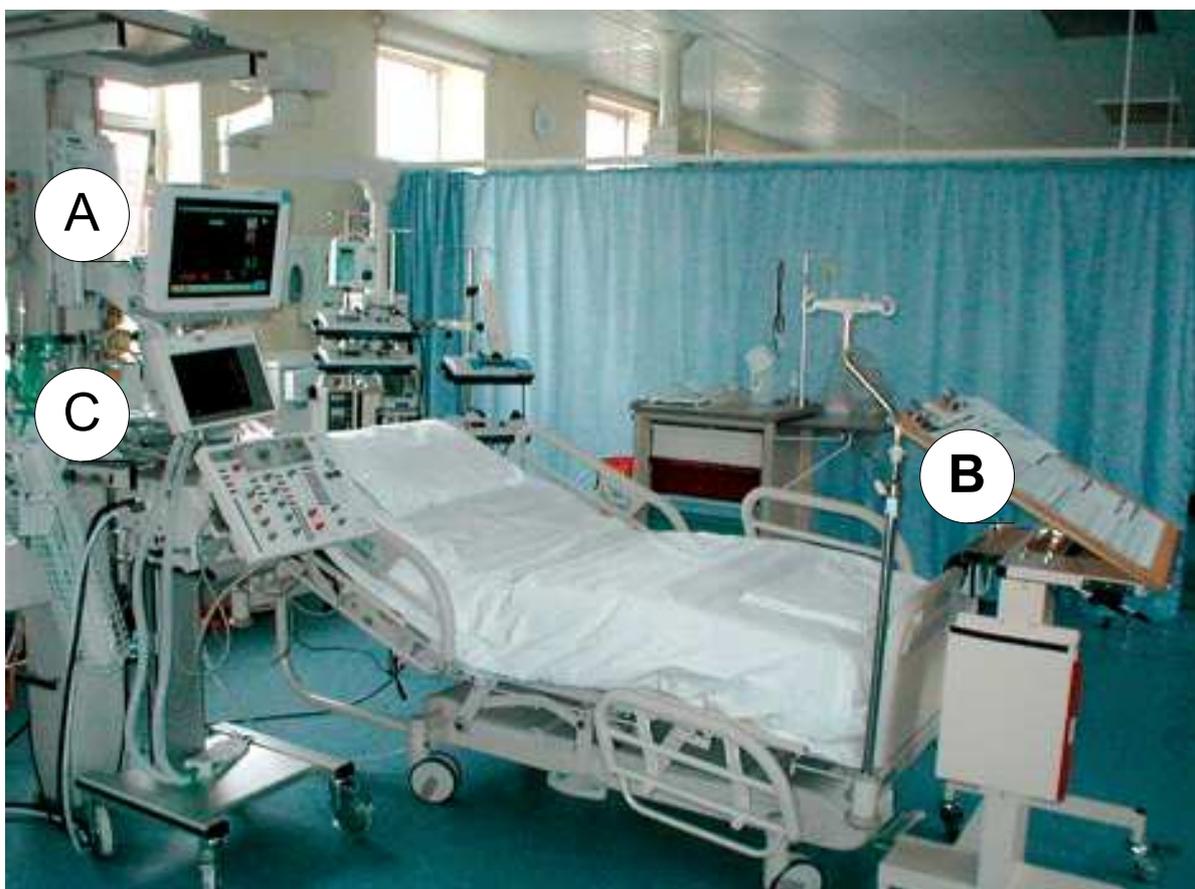


Figura 6 – Unidade de Cuidados Intensivos

3. Especificação do Serviço de Cuidados Intensivos

São vários os “actores” que directamente ou indirectamente interagem, diariamente, com o Serviço de Cuidados Intensivos (SCI). Na Figura 7 é possível ver quais são os principais “stakeholders” do SCI, ou seja, quais são as “entidades” que intervêm neste ambiente.

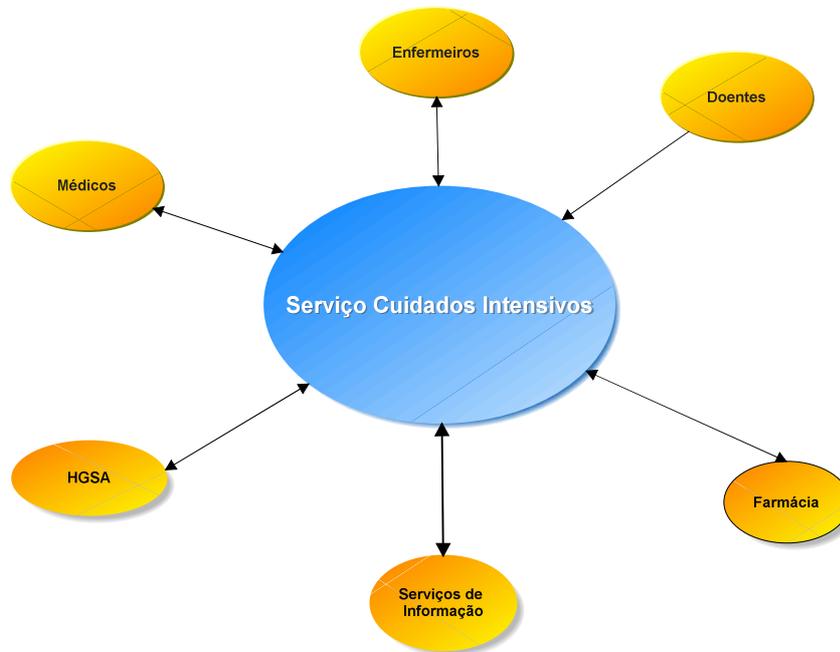


Figura 7 – SCI: stakeholders

Cada um dos “actores” tem um papel previamente definido e específico na organização:

- **Doentes:** Pessoas em situações extremas que requerem tratamentos específicos;
- **Enfermeiros:** Pessoa apta para a “instalação” e tratamento do doente crítico;
- **Farmácia:** Serviço que distribui / entrega as medicações para os doentes;
- **HGSA:** Alguns dos serviços gerais do hospital (Laboratórios, Imagiologia) são um suporte fundamental ao bom funcionamento do SCI;
- **Médicos:** Pessoa responsável pela prescrição de análises, terapêuticas e tratamento do doente;
- **Serviços de Informação:** Serviço que gere o Sistema Informação no contexto do SCI.

Para o correcto funcionamento deste serviço existe a necessidade de realizar um conjunto de actividades que são suportadas por um determinado tipo de informação ou sistema.

Na Figura 8 é possível verificar quais são as principais actividades, sistemas ou documentos do que interferem no processo.

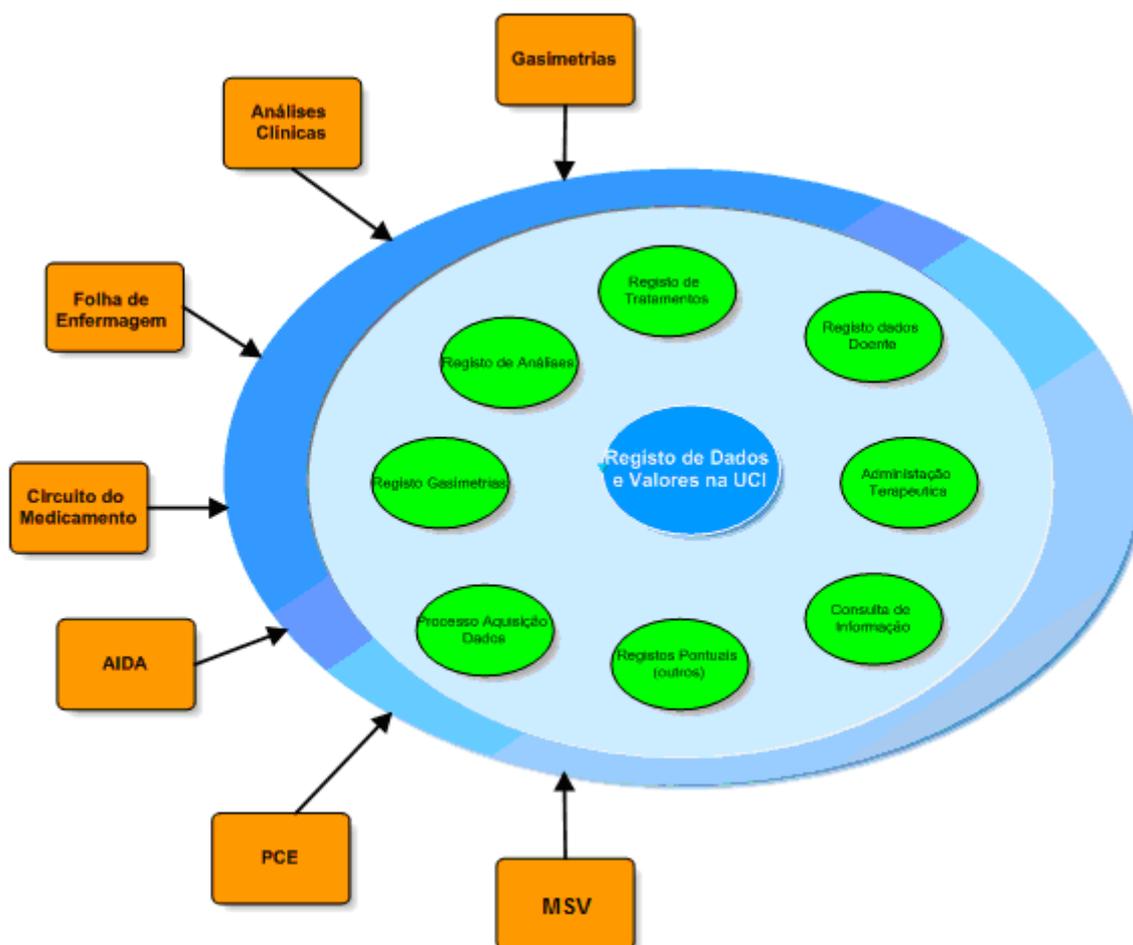


Figura 8 – SCI: Atividades, Sistemas e Processos

Fontes de Informação:

- **AIDA** (Agência para a Integração, Difusão e Arquivo de Informação Médica e Clínica): sistema multiagente que disponibiliza trabalhadores electrónicos e pro-activos, que têm como tarefas principais comunicar com os sistemas heterogéneos, enviar e receber informação;
- **Análises Clínicas**: Conjunto de análises clínicas que podem ser prescritas;
- **Circuito do Medicamento**: Sistema pelo qual os medicamentos são prescritos para ser administrados ao doente;
- **Folha de Enfermagem**: Instrumento que regista entre outros, os sinais vitais, tipos de ventilação e o Balanço Hidro Electrolítico;
- **Gasimétricas**: Leitura do pH e das pressões parciais de oxigénio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂) numa amostra sanguínea;
- **Monitores de Sinais Vitais (MSV)**: Monitores que se encontram à cabeceira dos doentes e servem para monitorizar os sinais vitais.
- **PCE**: Processo Clínico Electrónico;

Actividades

- **Administração Terapêutica:** Registo das terapêuticas / soros ou dietas administradas ao doente. O enfermeiro tem a responsabilidade de registar o nome, a quantidade e as horas a que foi efectuada a administração;
- **Consulta de informação:** Todos os registos estão disponíveis para consulta. Sempre que a equipa médica ou de enfermagem pretenderem saber algo mais sobre o doente, tem a possibilidade de analisar os resultados e dados do presente, bem como do passado;
- **Processo de Aquisição de Dados:** Aquisição dos sinais vitais. Esta aquisição tem por base os dados e resultados provenientes do MSV, da FEE e das análises laboratoriais. Após a aquisição a informação é armazenada na Base de Dados (BD);
- **Registo de Análises:** Análises pedidas e efectivamente realizadas pelo doente; Diariamente os doentes realizam um conjunto de análises laboratoriais. Após a sua realização, os resultados obtidos devem ser registados;
- **Registo de Gasimetrias:** Recolha dos valores das Gasimetrias. Com as gasimetrias é possível recolher os valores Pao₂ e Fio₂ de seguida é necessário o seu armazenamento na BD;
- **Registo de Tratamentos:** Registos dos tratamentos efectuados. Todos os tratamentos aplicados a um doente devem ficar registados, de modo a que seja possível analisar os que contribuíram para a melhoria do doente e quais foram aqueles que “prejudicaram” ou não alteraram a sua situação clínica.
- **Registo dos dados do doente:** Registo Clínico do Doente. Dados como o peso, a idade, a altura, alergias, outras doenças, entre outros, devem ser registados de modo a que seja possível efectuar comparações entre os doentes.
- **Registos Pontuais:** Registos que periodicamente são efectuados na folha de enfermagem ou na AIDA. Existe um conjunto de variáveis que só são registadas para determinados doentes e em pequenos instantes temporais. Esta actividade tem como principal objectivo determinar quais são essas variáveis e regista-los na BD.

4. Sistemas de Informação presente nos Cuidados Intensivos

Como foi referido anteriormente o SCI do HSA, contem muita informação em papel, que necessita de ser desmaterializada de modo a que, seja possível criar uma base de conhecimento. Nesse sentido é necessário perceber o sistema que perdura no HGSA, ou seja, quais são as principais actividades e ligações existentes bem como os elementos que as desencadeiam.

De entre as várias entidades representadas na Figura 7, existe um conjunto de três *stakeholders* que são a chave de todo o processo e fazem funcionar o sistema: os Doentes, os Enfermeiros e os Médicos. Cada um dos elementos tem uma posição pré-definida no serviço, o que lhes permite realizar um agregado de actividades ao longo de todo um processo de internamento de um doente nos Cuidados Intensivos. A Figura 9 reflecte a ligação existente entre os três elementos e as actividades que cada um opera além das fontes de informação das principais actividades.

O processo inicia-se com a chegada de um doente ao serviço. Seguidamente tanto os enfermeiros como os médicos vão se inteirar da sua situação clínica, ao mesmo tempo os enfermeiros são responsáveis pela acomodação do doente no serviço. Após a percepção da situação clínica, os médicos prescrevem quais as atitudes terapêuticas, prescrições, tratamentos a aplicar e análises clínicas (MCDA) a realizar. Neste campo, o enfermeiro é responsável por aplicar a posologia e realizar as análises requeridas ao doente.

Actualmente o enfermeiro também visualiza os sinais vitais do doente no MSV e regista-os na folha de enfermagem (papel). Durante o processo de internamento alguns dos dados clínicos do doente e resultados de análises são armazenados no sistema (AIDA / PCE).

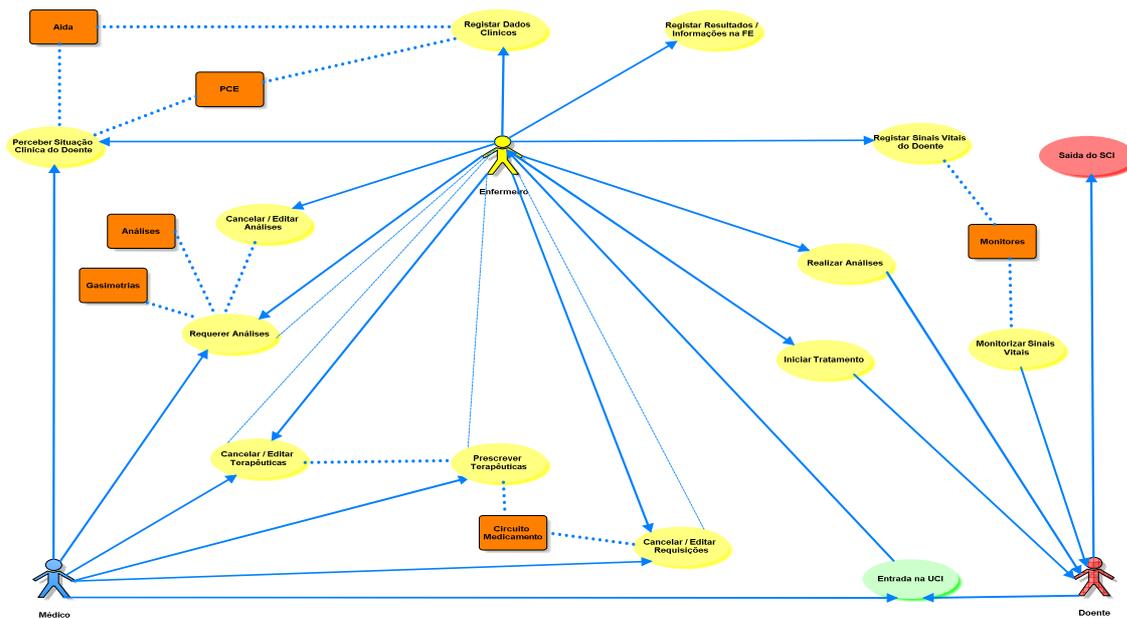


Figura 9 – Relação entre entidades, actividades e sistemas

Legenda Imagem:

-  Executa a actividade / Processo
-  Consulta a actividade / Processo
-  Sistema / Base de Informação

As setas acima referidas representam o tipo de comunicação existente entre os elementos, actividades / processos e os sistemas. Assim na Figura 9 pode ser verificada quais as responsabilidades, actividades e processo, bem como o sistema e a base de informação de cada uma das três principais entidades que interagem com o sistema.

5. Sistema de Informação Actual – Recolha de Dados

Após se ter desenvolvido os diagramas previamente referidos, pôde-se verificar que o sistema de recolha de dados que se encontra em funcionamento, privilegiava o armazenamento em modo *offline*. Como se pode verificar na Figura 10 a equipa médica normalmente efectua por doente, ao início do dia (7h), uma média de um a dois conjuntos de análises laboratoriais diárias, esta informação fica disponível 2 horas após a realização das análises. Para a inserção destes dados numa tabela é necessário analisar os documentos que contêm os resultados, retirar os valores que nos interessam e posteriormente inserir esses dados na Tabela (Dados_Clínicos) que se encontra representada na Figura 10.

Relativamente aos dados fisiológicos estes são registados na folha de enfermagem (papel) após consulta dos monitores. Nesta folha também são registado todo o tipo de terapêuticas e administrações efectuadas em determinado doente ao longo do dia, ou seja a folha de enfermagem serve para registar todos os valores importantes durante um dia de internamento. Após a conclusão da folha (24h), esta será armazenada e só se pode ter acesso a ela alguns dias após o dia de registo da folha, o que vem atrasar a inserção desses dados na base de dados.

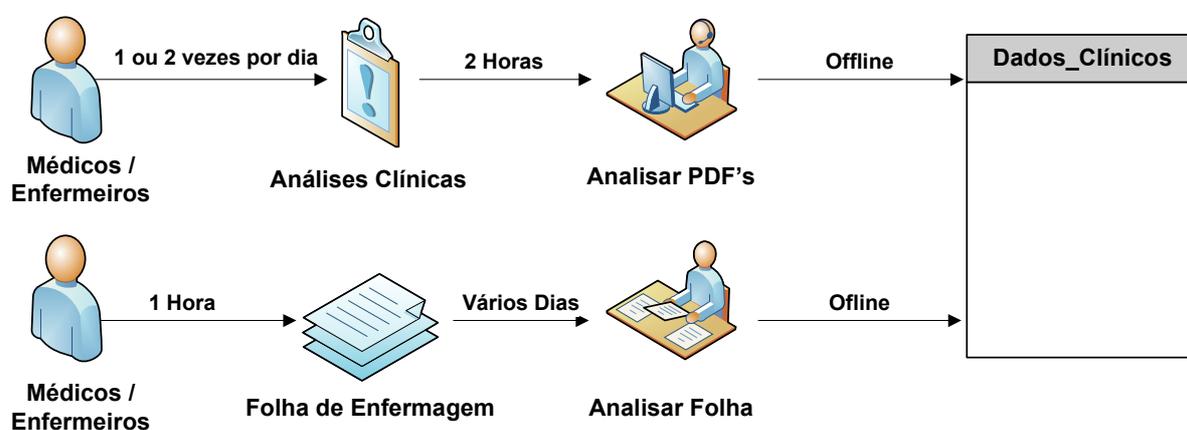


Figura 10 – Sistema de Recolha de Informação

Após a interpretação do modelo e sistema presente no SCI do HGSA, iniciou-se uma percepção dos riscos e análise das necessidades de informação para o serviço, através do desenvolvimento de um modelo de informação para o Serviço de Cuidados Intensivos.

6. Requisitos de Informação

O desenvolvimento de um modelo de informação para o SADI, requer um determinado conjunto de características para o sistema de modo a que este seja desenvolvido com o objectivo de colmatar as lacunas previamente encontradas e essenciais para o bom funcionamento do sistema. As características foram determinadas após uma análise profunda do problema que incluiu uma análise detalhada dos riscos, problemas, adversidades e entraves ao desenvolvimento do projecto, de acordo com os objectivos do projecto e após um levantamento exaustivo das falhas que o Serviço de Cuidados Intensivos tem, bem como as necessidades de informação que nele imperam. Dentro deste contexto foram determinadas, como sendo essenciais as seguintes linhas de orientação:

Aprendizagem *online*: O sistema deve ter a capacidade de actuar em modo *online*, ou seja, os modelos devem ser induzidos utilizando dados *online*, contrapondo com as abordagens actualmente existentes que privilegiam uma aprendizagem em modo *offline*. Este tipo de aprendizagem permite que os dados possam ser recolhidos e transformados de modo a que sejam usados num contexto real.

Este tipo de aprendizagem apresenta a capacidade de processar grandes volumes de dados oriundos dos MSV quer para induzir modelos quer para actuar;

Tempo-Real: O sistema deve também ser capaz de agir em tempo real, o processo de aquisição e armazenamento dos dados deve ser imediatamente posterior aos eventos. Por outro lado, as decisões devem ser tomadas no momento em que determinado evento ocorre;

Adaptabilidade: O sistema necessita de ter a capacidade de, automaticamente, otimizar os modelos com os dados mais recentes. Esta informação normalmente é obtida através da análise dos resultados armazenados;

Modelos de *Data Mining*: O sucesso de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente depende da acuidade dos modelos de *Data Mining*, ou seja o grau de fiabilidade destes modelos deve ser elevado. Estes modelos tornam possível a previsão de acontecimentos de modo a que seja possível a alerta e prevenção de determinadas complicações clínicas para os doentes;

Modelos de Decisão: A obtenção dos melhores resultados está fortemente dependente dos modelos de decisão criados. Estes modelos são baseados em vários factores tais como a decisão e diferenciação que são aplicados nos modelos de previsão de modo a que possam ajudar os médicos a escolher a melhor decisão durante o processo de tomada de decisão;

Agentes Inteligentes: Estes tipos de agentes fazem com que o sistema funcione através de acções autónomas que executam algumas tarefas essenciais. Estas tarefas suportam alguns módulos do sistema: Aquisição de Dados, Gestão do Conhecimento, Inferência e interface. A flexibilidade e a eficácia deste tipo de sistemas dependem dos agentes e das interacções existentes entre eles.

Após a definição das linhas orientadoras é necessário descrever quais os requisitos que devem ser cumpridos:

- R1:** Tolerância a Falhas – O sistema deve ter a capacidade de reconhecer falhas e elimina-las sempre que possível;
- R2:** Processo de remoção de dados nulos, inválidos e com ruído – É importante o desenvolvimento de um processo que possibilite remover o “lixo” que se vai recebendo no processo de aquisição de dados;
- R3:** Processo de aquisição contínuo – Só com este tipo de processo é que é possível desenvolver um SADI *online*. Assim é necessário desenhar uma arquitectura que privilegie a aquisição de dados em tempo real;
- R4:** Restrições temporais para o processo de aquisição e armazenamento dos dados – Com a possibilidade de recolher os dados em tempo real pressupõem-se um armazenamento de informação em tempo real;
- R5:** Modo de aprendizagem *online* – O SADI deve ter a capacidade de se adaptar as alterações que forem efectuadas no momento, para isso é necessário a presença de um módulo que possibilite a aprendizagem automática e *online*;
- R6:** Arquivos digitais que promovam a desmaterialização dos processos que têm por base o papel (*eg.* FEE) – É fundamental ter toda a informação necessária sempre acessível e em formato digital;

R7: Extensão da Base de Dados (BD) que permita a introdução de novas estruturas de dados – Este requisito permite integrar a BD noutros sistemas já existente no hospital de modo a que haja um sistema integrado;

R8: Uso correcto do equipamento que recolhe os sinais vitais – Os sinais vitais são medidos através de sensores e muitas das vezes basta o doente se mexer para que eles se desliguem ou fiquem a medir valores errados, nesse sentido é preciso ter em atenção a colocação dos sensores.

Em paralelo com o estudo das necessidades foram procuradas algumas soluções que fossem ao encontro das necessidades e colmatassem algumas das lacunas detectadas.

7. Arquitectura do Sistema de Informação

A fim de satisfazer os requisitos enumerados acima, foi desenhado um modelo de informação que possibilite a recolha e armazenamento de alguns resultados na Base de Dados (Figura 11). Este modelo tem como base três tipos de fontes de informação:

- Monitores de Sinais Vitais (MSV);
- Análises clínicas;
- Folha de Enfermagem.

Ambas as fontes produzem informações para o sistema INTCare, esta informação será posteriormente usada como base de conhecimento para o desenvolvimento de modelos de previsão para os Cuidados Intensivos. O desenvolvimento de um sistema de informação automatizado para o SCI tem que estar em harmonia com todo o sistema de informação e actividades dentro da unidade e do hospital (N. R. Jennings, 2000). Neste caso o processo de gestão de doentes é suportado por complexos sistemas de informação, que trazem a necessidade de integração dos diferentes tipos e fontes de dados (Fonseca, Ribeiro, & Granja, 2009).

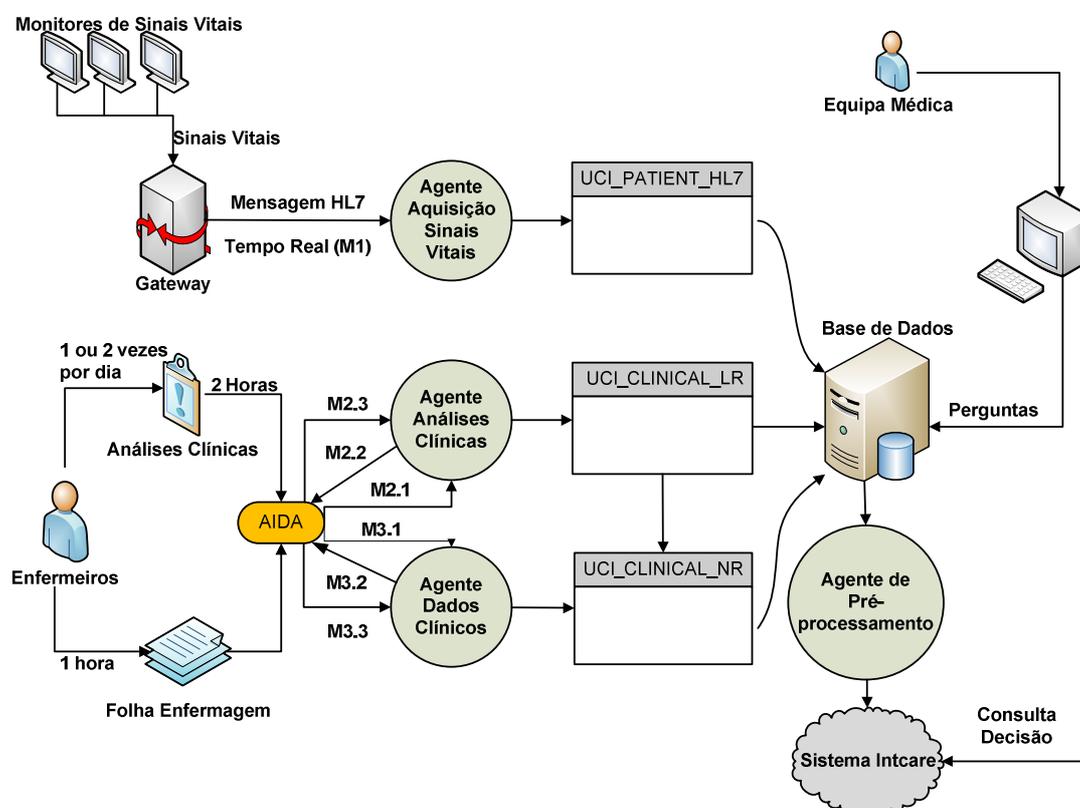


Figura 11 – Modelo de Informação - Arquitectura

A primeira fonte de informação diz respeito à aquisição de dados através dos MSV. Esta aquisição é realizada em tempo real, os dados são recebidos através de um gateway e é armazenado por um agente numa tabela específica. A Aquisição automática elimina a transcrição de erros, melhora a qualidade dos registos e permite a criação de grandes arquivos electrónicos com os dados dos sinais vitais.

7.1 Fonte de Informação I – Monitores de Sinais Vitais

A solução encontrada passou pela instalação de um Gateway que era responsável pela recolha e armazenamento dos dados vitais. Nesse sentido foi instalado o sistema Orion's Rhapsody que está modelado como o agente responsável por receber e armazenar todos os sinais vitais que eram visíveis a partir dos MSV do doente. A sua descrição pode ser verificada na Figura 12.

Software: Orion's Rhapsody
Formato: HL7 Raw File
Tipo de Gravação: (*.TXT, *.HL7, socket)
Frequência de gravação: à media de uma vez por minuto
Gravação: 1 ficheiro por dia

Figura 12 – Descrição Software Implementado

O modelo adoptado para importação dos sinais vitais foi o padrão internacional da Saúde Nível 7 (HL7), visto ser um padrão existente entre a comunidade médica e que abrange e diversidade dos exames clínicos e informação administrativa. Além disso, permite o intercâmbio entre as várias aplicações informáticas, preservando simultaneamente o seu significado. A preocupação com o formato padrão de arquivo abre muitas possibilidades para uma análise mais aprofundada dos dados recolhidos (Fonseca, et al., 2009).

Uma mensagem HL7 consiste em campos de dados que têm um tamanho variável e são separados por caracteres. Os dados são combinados em grupos lógicos chamados segmentos. A estrutura hierárquica de uma mensagem é a seguinte (Figura 13):

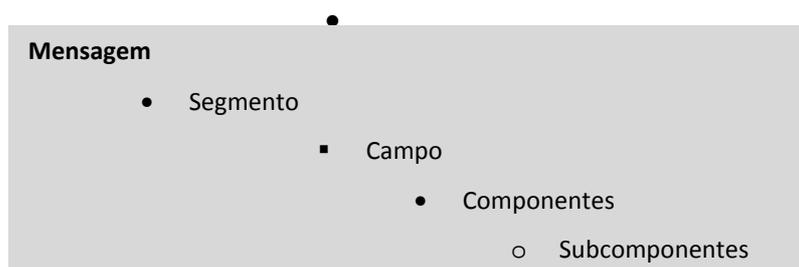


Figura 13 – Estrutura de uma mensagem HL7

As mensagens HL7 são compostas por diversos campos de informação:

MSH – Início da mensagem

- Segmento necessário nas mensagens HL7, define como a mensagem começa a ser enviada, os separadores dos campos, os caracteres de codificação, o tipo de mensagem, o emissor e o receptor, etc.

PID – Identificação do Doente

- Identifica os dados demográficos do doente

OBR – Pedido de observação

- Cabeçalho do relatório identifica os conjuntos de observações e ordena as informações mais relevantes

OBX – Resultados da observação

- Segmento usado para a transmissão de partes das observações ou as observações simples.
- Transporta a informação das observações através das mensagens dos relatórios

PV1: Visitas ao doente

- Informação sobre as visitas do doente

Na Figura 14 podemos verificar um exemplo de uma mensagem HL7 com a presença de todos os campos de informação.

```
MSH|^~\&|DOHL7VITALS|ORION|UCI|AIDA|20090521000120||ORU^R01|32052_0420161640|P|2.3.1
PID|1||1194740||Nome do doente
PV1|1|U|UN 4
OBR|1||DOHL7VITALS||20090521000120|20090521000120
OBX|1|NM|3000^SpO2^^^spO2||99.0|%|||R||20090521000120|32052^UN 4|^AUTOMATIC
```

Figura 14 – Exemplo de uma mensagem HL7

Após a configuração deste sistema é possível recolher um conjunto de valores associados aos resultados da monitorização dos sinais vitais. Nesse sentido foi criado uma Base de Dados que é responsável por armazenar todos os dados recolhidos. Após a recolha de alguns dados foram efectuadas algumas estatísticas com o objectivo de analisar a veracidade dos dados. Esse estudo pode ser consultado nos dados que se encontram em anexo.

7.2 Fonte de Informação II – Análises Clínicas

A segunda fonte de informação contém uma frequência de observação inferior, uma vez que o doente normalmente faz este tipo de análises uma ou duas vezes por dia, excepto em situações extraordinárias.

Com este método é possível recolher os dados relacionados com algumas análises clínicas, tais como: número de Plaquetas, creatinina, Bilirrubina, SOFA, Pressão parcial de oxigénio no sangue arterial (PaO₂) e a fracção inspirada de oxigénio (FiO₂). Os enfermeiros geralmente realizam as análises clínicas uma ou duas vezes por dia e nas duas horas seguintes, os resultados estarão disponíveis para serem armazenadas na tabela UCI_CLINICAL (Figura 11) através do agente de Análises Clínicas. Este tipo de armazenamento será feito de forma automática, ou seja, após a obtenção dos resultados, estes serão filtrados e armazenados na Base de Dados todos aqueles que realmente são indispensáveis ao desenvolvimento do Sistema INTCare.

7.3 Fonte de Informação III – Folha de Enfermagem

O terceiro tipo de fonte é um caso particular pelo facto de alguns dos dados registados na folha de enfermagem já serem medidos pelos MSV. No entanto, existe na folha de enfermagem um conjunto de resultados e observações que são necessários para os modelos, como é o caso do Débito Urinário, das Aminas, da posologia, do parâmetro PaO₂/FiO₂, do índice Glasgow e do *output* do doente. Normalmente, estes registos são preenchidos em papel à média de uma vez por hora. O agente Dados Clínicos é responsável pelo armazenamento desta informação na Base de Dados. De uma forma geral, os dados recolhidos podem ser agrupados em três tabelas:

UCI_PATIENTE_HL7 \subseteq (Dados Monitorizados)

UCI_CLINICAL_LR \subseteq (Creatinina, Bilirrubina, Número de Plaquetas Sanguíneas, PaO₂, FiO₂, SOFA)

UCI_CLINICAL_NR \subseteq (PaO₂, FiO₂, Glasgow, Diurese, Aminas, *Output* do Doente)

A base de dados será então composta pelo conjunto das três tabelas:

UCI_DATABASE \cup (UCI_PATIENTE_HL7, UCI_CLINICAL_LR, UCI_CLINICAL_NR)

Na Figura 11 também é possível visualizar os processos consequentes à aquisição de dados que consiste no armazenamento dos dados adquiridos na base de dados em tabelas individuais. Seguidamente os dados são consolidados pelas equipas médicas que fazem “perguntas” à base de dados através de plataformas acedidas pela intranet e exportadas para outros programas (eg. folhas de cálculo) ou formatos (eg. ASCII). Nesta fase do sistema os dados estão disponíveis em bruto, ou seja, não foram efectuadas quais transformações nos dados e os utilizadores podem consultar os dados através de questões à base de dados e criar algumas estatísticas. Na etapa seguinte esses mesmos dados em bruto serão transformados através do agente de Pré-Processamento. Após a finalização deste processo os dados serão enviados para o Data Warehouse que faz parte do subsistema de gestão de conhecimento, e serão preparados para serem utilizados pelas ferramentas de *Data Mining* e modelos de previsão.

7.4 Definição dos Agentes de aquisição dos dados

Tendo em conta todas estas novas exigências e requisitos o sistema INTCare, previamente referido no capítulo estado da arte, teve de ser reescrito. Foram concebidos um conjunto de novos agentes. Esses agentes estão encarregados de realizar tarefas associadas à aquisição de dados. Formalmente o INTCare pode ser definido como um tuplo:

$$\mathcal{E} \equiv \langle C_{INTCare}, \Delta_{INTCare}, a_{gat}, a_{vsa}, a_{cade}, a_{ada}, a_{pp}, a_{cde}, a_{dm}, a_{pf}, a_{mi}, a_{dr}, a_{pd}, a_{sc}, a_{int}, a_{ic} \rangle$$

Relativamente à definição inicial foram adicionados novos agentes que serão explicados nas linhas seguintes.

Gateway (a_{gat}) é responsável pela captura dos dados dos monitores de sinais vitais à cabeceira. Esta informação é agrupada em mensagens HL7 e enviada para o agente Aquisição de Sinais Vitais;

Aquisição de Sinais Vitais (a_{vsa}) é um processo da agência Aida que analisa as mensagens HL7 e extrai os blocos de informação, armazenando-os na tabela da Base de Dados: UCI_PATIENT_HL7. Este agente tem como principal funcionalidade a de dividir a mensagem em informações de dados individuais. Os dados são verificados e, se a informação estiver correcta, o agente realiza as próximas etapas.

Para obter o PID, PV1, OBR e variáveis OBX, ele lê as informações do gateway, divide a mensagem HL7 e obtém os dados necessários para a base de dados.

Para fins de otimização, se houver mais de uma mensagem recebida no prazo de um minuto, um algoritmo é aplicado de modo que apenas seja armazenada na Base de Dados uma mensagem por minuto. Devido ao elevado número de valores nulos, foi necessário realizar algumas otimizações. A razão para esta alta taxa é que o sistema pode receber os valores dos parâmetros fisiológicos por fases, quando isso acontece, o gateway pode obter mais de uma mensagem no mesmo minuto. Por outro lado, pode também haver mensagens com valores nulos para os parâmetros que foram correctamente recolhidos no tempo imediatamente anterior.

A solução encontrada foi criar um algoritmo que reúna todos os valores lidos no mesmo minuto e que para o mesmo parâmetro calcule a média correspondente. Se ele receber mais de um valor, ele irá armazenar a média, se não existir qualquer valor nesse minuto, o campo permanece com um valor nulo (em branco). Caso contrário, ele armazena o valor recebido. Em conclusão, quando o número de mensagens recebidas por minuto é maior que um, ele calcula a média de cada uma das variáveis e insere-os na Base de Dados como um único registo:

```
MSG_Data_Average algorithm  
If count(msg_per_min)>1 Then  
    avg(msg_obx_result)  
    Insert into database (avg_msg_obx_result)  
Else  
    Insert into database (msg_obx_result)
```

Com este algoritmo o número de nulos presentes nas tabelas é reduzido em 52% (de 60% para 8%).

Análise Clínicas (α_{cade}) é responsável pela captura de dados clínicos a partir dos resultados das análises de laboratório que são feitos no hospital.

Dados Clínicos (α_{cde}) é responsável pela captura dos dados clínicos da equipa médica e de enfermagem (Gago, et al., 2006), especialmente a partir dos registos de enfermagem;

AIDA (a_{ada}) é uma agência para arquivar e divulgar os exames médicos e resultados. Esta agência irá apresentar os resultados de laboratório e de enfermagem através dos agentes Análises Clínicas e Dados Clínicos (Abelha, Machado, Alves, & Neves, 2004b).

Pré-Processamento (a_{pp}) o agente é responsável pela correcta ligação de todos os valores, a fim de criar um registo válido para cada doente. Este agente está encarregado de resolver os problemas de aquisição de dados que forem surgindo.

Antes de os dados serem consolidados no Data Warehouse o agente verifica todos os dados, a fim de eliminar os valores nulos e corrigir aqueles que estão fora do intervalo. De seguida, prossegue com a cópia dos valores recebidos dos MSV, dos registos electrónicos de enfermagem e dos resultados das análises, analisa-os e prepara-os para inserção nos novos campos. Por fim analisa todos os valores adquiridos e coloca na base de dados só os valores que são aceitáveis e estão minimamente correctos.

7.5 Troca de Mensagens entre os Agentes

O sistema tem vários agentes responsáveis pela realização das tarefas necessárias e relacionadas com o processo de aquisição de dados. O agente a_{vsa} processa os dados monitorizados. Quando o gateway recebe os sinais vitais dos monitores, este envia uma mensagem HL7 (M1) para o agente de aquisição de sinais vitais. Em seguida, podemos ver um exemplo de uma mensagem HL7 que contém as variáveis necessárias para o correcto armazenamento dos dados:

```
MSH|^~\&/DHV|h2|h3|h4|||ORU^R01|h1|P|2.3.1
PID|1||d1||d2
PVI|1|U|v1
OBR|1|||DHV|||r1|
OBX|x2|NM|x3^x4^^x5||x6|x7|||R|||x1^v1||
```

A Tabela 1 apresenta o significado de cada uma das variáveis envolvidas na troca de mensagens entre os agentes a_{gat} e a_{vsa} .

Tabela 1: Variáveis da Mensagem HL7

h1	Identificação da Versão
h2	Código do Envio
h3	Aplicação que recebe o pedido
h4	Recepção do código de envio
d1	Identificação do doente
d2	Nome do doente
v1	Localização do doente
r1	Data e hora de observação
x1	Identificação do criador da mensagem
x2	Tipo de Valor
x3	Identificação da observação (cod)
x4	Identificação da observação (cod2)
x5	Identificação da observação (descp)
x6	Resultados da observação
x7	Unidades

O agente a_{ada} troca mensagens com o agente a_{cad} . Quando o agente a_{ada} recebe os resultados das análises, envia uma mensagem (M2.1) notificando que existem novos dados disponíveis. Nesse seguimento o agente a_{cad} lê a mensagem e envia uma outra (M2.2) com as variáveis solicitadas (Tabela 2, Coluna4). Finalmente, o agente a_{ada} envia a mensagem (M2.3) com os dados necessários.

Quando os registos de enfermagem estiverem todos preenchidos o agente a_{ada} envia uma mensagem (M3.1) ao agente a_{cde} com informações sobre os novos dados (Tabela 2, coluna 2). De seguida, o agente a_{cde} envia uma mensagem ao agente a_{ada} a solicitar os dados e este responde com uma mensagem que contém os dados necessários.

Tabela 2: Variáveis clínicas

e1	Débito Urinário	c1	Bilirrubina
e2	Glasgow	c2	Creatinina
e3	Aminas	c3	Plaquetas Sanguíneas
e4	SOFA		

A Figura 15 resume o processo de agentes de mensagens acima descritas.

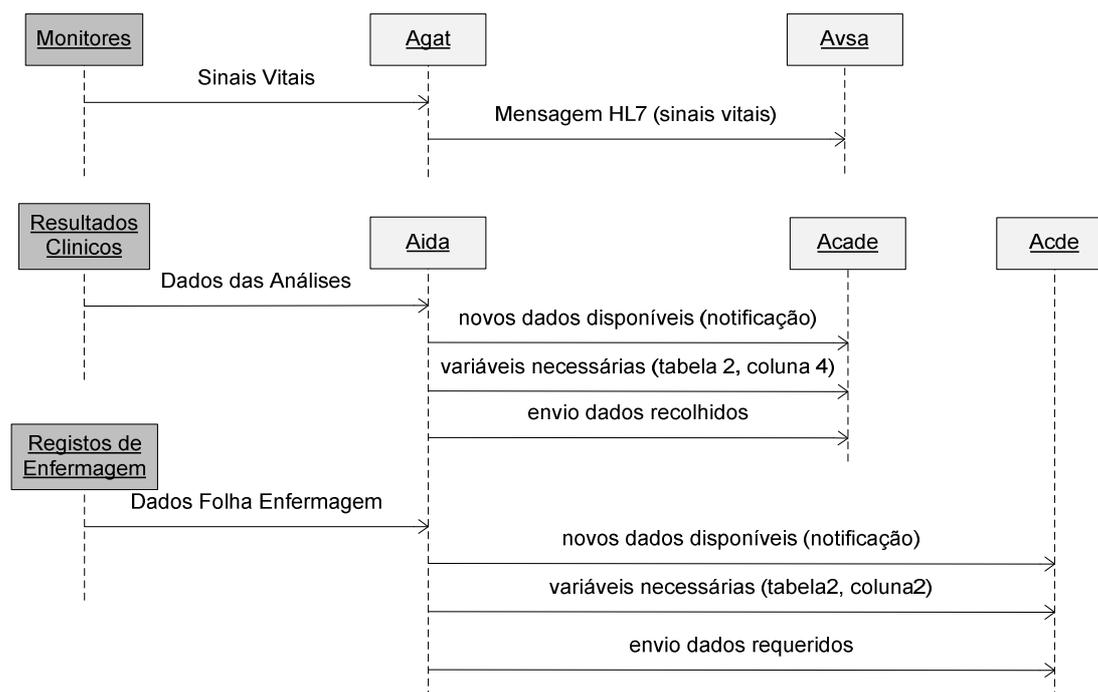


Figura 15 – Diagrama de Sequência das Mensagens

8. Sistema de Informação Actual – Análise dos Problemas

Após a percepção da situação actual do Serviço de Cuidados Intensivos foi necessário analisar as fontes de dados essenciais ao sistemas, e verificar quais os problemas que podem causar alguns entraves ao correcto funcionamento do INTCare:

Fonte de dados: Monitores de Sinais Vitais

Modo e frequência de recolha da informação

Automático – À média de uma vez por minuto

Disponibilidade da informação

Imediata

Variáveis recolhidas

- ✓ ART_BP, ART_HR, ART_SYS, ART_DIA, ART_MEAN
- ✓ CVP_BP, CVP_HR, CVP_SYS, CVP_DIA, CVP_MEAN
- ✓ IBP_BP, IBP_HR, IBP_SYS, IBP_DIA, IBP_MEAN
- ✓ ICP_BP, ICP_HR, ICP_SYS, ICP_DIA, ICP_MEAN
- ✓ NIBP_BP, NIBP_HR, NIBP_SYS, NIBP_DIA, NIBP_MEAN
- ✓ ECG_ST1, ECG_ST2, ECG_ST3, ECG_ARH, ECG_RR
- ✓ SPO2, SPO2_HR, CO, PCW, Cardiac Output & Wedge Pressure, TEMPERATURA
- ✓ PAP_BP, PAP_HR, PAP_SYS, PAP_DIA, PAP_MEAN

Problema 1

- Falhas no Gateway (sistema de recolha)

Solução

1. Colocação de um agente que descarregue os dados directamente para uma BD

Problema 2

- Doentes sem identificação (nome e número de processo)
- Identificação errada dos doentes

Soluções

1. Intervenção humana para a colocação do nome e nº de processo dos doentes nos monitores.
2. Automatização do processo de inserção dos nomes e PID nos monitores, ou seja, no momento em que o doente é registado no serviço na cama X, automaticamente o monitor passava a ter essa informação

Problema 3

- Sensores desligados

Soluções

1. Eliminação automática dos valores que são recolhidos e não são válidos
2. Envio de alertas para os enfermeiros notificando a situação dos sensores

Fonte de dados: Análises clínicas

Modo e frequência de recolha da informação

Semi-automático - 1 ou 2 vezes por dia

Disponibilidade da informação

Em média 2 horas após a recolha

Variáveis recolhidas

- ✓ Plaquetas, Creatinina, Bilirrubina, PaO₂, FiO₂

Problema 1

- Algumas análises não são realizadas pelo menos uma vez por dia

Solução

1. Adopção de uma tecnologia que permita a medição em tempo real, calcule os resultados e envie os mesmos para uma Base de Dados instantaneamente.

Problema 2

- Os resultados são colocados num documento, sendo a sua passagem para uma BD feita de modo manual (intervenção humana).
- Os resultados das análises demoram cerca de 2 horas a serem disponibilizados

Solução

1. Colocação de um agente programado que faça uma leitura dos resultados das análises e descarregue para a BD os resultados necessários para cada doente.

Fonte de dados: Folha de Enfermagem

Modo e frequência de recolha da informação

Manual – Frequência de recolha variável
Diurese - Horária
Aminas - Horária (sempre que aplicável)
Glasgow - Esporadicamente
PaO₂, FiO₂ - Raramente
Outcome - Fim do internamento

Disponibilidade da informação

Vários dias após o registo

Variáveis recolhidas

- ✓ Diurese, Aminas, Glasgow, PaO₂, FiO₂, Outcome

Problema 1

- Morosidade na disponibilização do processo em papel o que implica o atraso na passagem dos dados para uma BD;

Solução

1. Folha de enfermagem electrónica

Problema 2

- As variáveis Glasgow, PaO₂ e Fio₂ raramente são registadas;

Solução

1. Intervenção humana para o registo sistemático (agendamento) dessas variáveis.
2. Registo electrónico das mesmas (FEE).

Fonte de dados: Processo Clínico Electrónico

Modo e frequência de recolha da informação

Automático – Raramente

Disponibilidade da informação

Imediata

Variáveis recolhidas

- ✓ SOFA, Glasgow

Problema 1

- Ausência de registo de ambas as variáveis

Solução

1. Intervenção humana para o registo sistemático (agendamento) dessas variáveis
2. Registo electrónico das mesmas (FEE)

Folha de Enfermagem Electrónica (FEE) – Trata-se de um instrumento de registo, com hipótese de acrescentar novos campos para preenchimento, como é o caso do SOFA, do SAPS e de outros que sejam importantes para todo o processo de recolha automática.

Esta folha substituirá a antiga e será colocada no mesmo local (em frente à cama do doente) para preenchimento manual ou automática.

De entre os vários problemas encontrados nas mais diversas fontes de informação e analisando as soluções propostas, existe uma que é praticamente comum a todas, a criação de uma Folha de Enfermagem Electrónica. Por outro lado, grande parte dos problemas reportados podem ser resolvidos com a criação de alertas que notifiquem o enfermeiro do que está a acontecer e do que tem a fazer. Estes alertas podem avisar por exemplo a falta de identificação nos MSV, eléctrodos desligados, a falta de registos (SOFA, Glasgow) entre outras informações importantes para o bom funcionamento do sistema.

9. Conclusão

Numa primeira fase e após uma análise do problema e estudo de soluções, a questão de deixar os dados que eram armazenados em modo *offline* foi resolvida com instalação e configuração de um sistema Gateway. Esta solução permite a recolha e armazenamento dos dados monitorizados em tempo-real, como será demonstrado no capítulo IV.

Além desta, mais algumas das soluções encontradas já foram postas em prática como é o caso das análises onde já colocamos um agente que faz uma leitura dos resultados das análises e descarrega para a BD os resultados necessários para cada doente.

Dando seguimento aos objectivos do projecto, apercebemo-nos que os dados que estavam a ser monitorizados não eram suficientes para além de que, não tínhamos acesso (electrónico) às outras variáveis, ou seja, alguns dos dados que nos eram fundamentais, estavam a ser exclusivamente registados em formato não electrónico, como era o caso da diurese, das análises clínicas, entre outros. Sendo assim, era necessário realizar uma fase que consistia na desmaterialização de processos.

Para esta segunda fase foi necessário efectuar um levantamento de quais eram os requisitos, as necessidades de informação e os sistemas já existentes no SCI. Após a definição desses requisitos foram estudadas um conjunto de hipóteses que podiam colmatar grande parte das “necessidades de informação” que se verificavam no serviço.

De entre as várias soluções, optou-se por aquela que melhor servia a unidade e que maior contributo dava para o desenvolvimento do SADI. A escolha recaiu no desenvolvimento de uma Folha de Enfermagem Electrónica (FEE), que à partida seria uma transcrição da folha em papel para formato electrónico, no capítulo IV serão abordadas todas as hipóteses estudadas e especificada aquela que foi escolhida. A definição das fontes de informação permitiu que fossem definidos quais seriam os requisitos para o modelo de informação.

O sistema INTCare foi redesenhado, tendo em conta os novos desafios. Algumas exigências já foram cumpridas, enquanto outras estão sendo testadas e / ou implementadas, como se pode verificar na seguinte análise de resultados:

R1 – Foi configurado um repositório local com o intuito de evitar a perda de informação, diminuindo assim o número de falhas que se verificavam;

R2 – O método implementado pelo algoritmo MSG_Data_Average reduz em 75% o tamanho da tabela, mantendo a precisão dos dados monitorizados. Com isto é possível melhorar em muito a qualidade de informação e diminuir os valores nulos. No entanto ainda é preciso encontrar uma solução para a diminuição de dados inválidos e com ruído;

R3 – Com a colocação de um gateway para a recolha dos dados, passou a ser possível a aquisição dos sinais vitais de forma contínua. Para os outros dados está em desenvolvimento uma plataforma electrónica que armazenará os dados registados de forma manual;

R4 – Os tempos de processamento de dados monitorizados e os tempos de resposta, para apoio à decisão foram avaliados os valores de modo a que estes estejam em níveis aceitáveis. Com isto pretendemos que não haja falhas no sistema de recolha e armazenamento de dados e este possa ser realizado em tempo real;

R5 – Após a realização de alguns testes e configurações foi possível verificar a validade da recolha de dados em tempo real e a aprendizagem *online*, com isto vai ser possível, de futuro, aperfeiçoar os modelos de data mining;

R6 – Estamos a desenvolver a Folha de Enfermagem Electrónica como poderá ser visto no capítulo IV. Este instrumento possibilitará uma desmaterialização de informações e o registo das variáveis necessárias para o SADI que ainda se encontram em papel.

R7 – Em desenvolvimento. Até ao momento já foi analisado de que forma os dados recolhidos podem ser inseridos em outras estruturas de informação;

R8 – Após algumas reuniões com os enfermeiros e os médicos foi assumido um compromisso com eles, que passava pelo controlo dos sensores, ou seja, eles ficavam encarregues de verificar se os sensores estavam bem colocados e se os dados recolhidos estavam correctos.

Com a definição do modelo de informação já era possível ter acesso em formato electrónico a um grande conjunto de variáveis fisiológicas e resultados de exames. Para que o armazenamento fosse possível foi necessário criar uma base de dados global que contém um conjunto de informação repartida por várias tabelas e que representa a base de conhecimento para o Sistema de Apoio à Decisão, como poderá ser verificado no capítulo IV. Com isto, o passo seguinte resumiu-se à compreensão dos dados, configuração do sistema de recolha de dados automático e consequente armazenamento da informação na Base de Dados.

As fases posteriores estão, em muito, dependentes do sucesso do método de recolha representado no modelo de informação. As últimas fases do projecto estão associadas ao SAD e seus factores de decisão, neste ponto foi necessário compreender cada um dos elementos integrantes no SAD e definir quais são os factores de decisão do processo de tomada de decisão.

CAPÍTULO IV – Sistema de Apoio à Decisão Inteligente para a Medicina Intensiva

1. Contextualização

Este projecto está dividido em várias etapas que vão culminar no desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão para a Medicina Intensiva com o objectivo de prever a falência orgânica e actuação em tempo real, tendo como base o modelo (Figura 11) apresentado no capítulo anterior. A primeira etapa passou pela instalação de um Gateway que permitisse a recolhe e armazenamento dos dados dos Monitores de Sinais Vitais (MSV) em tempo real. Após a instalação do Gateway conseguimos que a informação dos dados vitais fosse recolhida aproximadamente uma vez por minuto. Este método recolhe informações das mensagens, informação do doente e os resultados das observações. A preocupação com os dados no arquivo e formatos padrão abre muitas possibilidades para análise mais aprofundada dos dados recolhidos (Fonseca, et al., 2009).

Com este tipo de sistema, é possível obter os resultados da Pressão Arterial Média, Batimentos Cardíacos, sistólica e diastólica, para as variáveis: Pressão Venosa Central, Pressão Arterial Invasiva, a pressão Intra-craniana, Pressão Arterial Não Invasiva, entre outros tipos especiais de medição.

Além disso, recebe a Taxa de Respiração, Frequência Cardíaca, Arritmias, o nível ST dos Electrocardiogramas, Saturação Periférica de Oxigénio, Débito Cardíaco, Pressão Pulmonar, Débito Cardíaco e Temperatura.

A segunda etapa é resultante da fase descrita no capítulo anterior, análise de problemas do Sistema actual. A necessidade de melhorar e modificar o sistema de recolha fez com que fosse necessário desenvolver a Folha de Enfermagem Electrónica (FEE).

Nesse sentido iniciamos o estudo e percepção da folha de enfermagem actual de modo a compreender as necessidades de informação na UCI. Esta etapa tem como principal objectivo desenvolver uma FEE que em conjunto com os sistemas já existentes e definidos, como é o caso do gateway, seja parte integrante de um modelo que viabilize a recolha de dados importantes para o apoio à decisão e actuação em tempo real.

2. Configuração do Sistema de Recolha de Sinais Vitais

No sentido de deixar os dados que eram armazenados em modo *offline*, foi configurado um gateway que permite a recolha de dados em tempo real. As variáveis são monitorizadas através dos MSV que se encontram à cabeceira dos doentes, seguidamente são enviadas pelo gateway mensagens Health Level Seven (HL7), que contêm os resultados relativos às variáveis medidas.

O sistema que foi implementado no Hospital Geral Santo António (HGSA) e actualmente é utilizado na Unidade de Cuidados Intensivos (UCI) é o Orion Health Rhapsody. O Rhapsody é o sistema que permite a recolha e armazenamento das mensagens HL7 enviadas pelo gateway, à média de uma por minuto.

Após a configuração de todo o sistema a fase recolha de dados contínua foi testada. Logo à partida surgiram um conjunto de contratempos que não permitiam a recolha contínua dos dados. A base de dados interna do Rhapsody era limitada o que não deixava armazenar dados por tempos superiores a 12 dias. Após a detecção deste problema a solução passou pela criação de um script que limpa todas as tabelas (mysql) e reinicializa o sistema de armazenamento. Esta tarefa foi posteriormente agendada e actualmente todos os dias às 0h o sistema reinicia a recolha sem perder qualquer informação durante esse período.

Com este problema resolvido começaram a surgir outros subsequentes como por exemplo a instabilidade no gateway, onde por vezes durante o dia o software falha e só após a reactivação do serviço é que o processo de recolha volta ao normal, perdendo todos os dados monitorizados durante a falha. Sempre que a recolha correr dentro do previsto os dados são armazenados diariamente em ficheiros hl7. Esses ficheiros contêm a informação e resultados de todos os doentes que se encontram internados na UCI durante determinado dia.

Seguidamente, esses ficheiros são analisados com o intuito de perceber quais foram os doentes onde foi possível uma monitorização completa durante todo o seu tempo de internamento. Os dados resultantes dessa análise são filtrados e armazenados na Base de Dados (BD). Actualmente e após alguns meses de experiências e testes já foi criada uma Base de Dados que contém dados relativos a alguns doentes com processo de internamento completo.

No sentido de tentar resolver os problemas associados às falhas do *software* procedemos à alteração do sistema para uma recolha directa para a BD. No entanto, esta etapa só pode ser oficializada no momento em que existir garantias de que todo o processo é fiável.

Outro dos problemas prende-se com a recolha em si, por vezes encontramos eléctrodos desligadas que não permitem a recolha dos dados, ou dados que são recolhidos mas não são fiáveis, no entanto a falha que mais compromete a recolha dos dados é a não correcta identificação dos doentes nos monitores.

Isto acontece, segundo alguns médicos da UCI, uma vez que a primeira preocupação para os enfermeiros é “instalar” o doente e colocá-lo nas melhores condições possíveis, durante esse tempo todos os eléctrodos são ligados e a monitorização é iniciada, no entanto por vezes a colocação da informação no monitor (identificação do doente) é demorada o que implica uma não associação das variáveis medidas ao respectivo doente. Isto leva-nos a que muitas das vezes os dados sejam descartados devido a falhas na recolha, não identificação, ou identificação errada do doente nos monitores. A identificação pode ser feita através de três formas, número da unidade (cama), número do processo (PID) e nome do doente. O mais eficaz e que melhor pode identificar o doente perante o sistema é o número de processo desde que este seja introduzido correctamente.

Após ultrapassar alguns dos problemas e com a correcta configuração do sistema de recolha de sinais vitais é possível verificar uma melhoria no processo de recolha e aquisição de dados. Todo o processo passou a ser efectuado de forma contínua deixando de haver “quebras” no sistema que impossibilitava o armazenamento em tempo real dos dados na Base de Dados (BD).

A necessidade de ultrapassar estes problemas é fulcral para o suporte de todo o projecto pois a criação de modelos em tempo real depende da etapa de recolha contínua. No entanto, esta etapa, e como já foi possível comprovar através da aplicação do modelo de recolha actual, é complexa para além de um conjunto de factores que dificultam esta mesma recolha. Factores tais como: número de processo errados ou duplicado, falhas na monitorização e recolha dos dados, recolha de dados não válidos, mensagens hl7 com pouca informação, entre outros.

3. Folha de Enfermagem

Os processos de trabalho eficientes são essenciais para qualquer organização bem sucedida. Até ao momento o serviço tem funcionado com as folhas de enfermagem em papel, no entanto e apesar de esta folha ser suficiente para as necessidades actuais, verificamos ser necessário elaborar uma nova folha que privilegie o registo e a leitura rápida dos dados dos doentes. Nesse sentido estudamos as folhas de enfermagem baseadas no papel (FEBP) presente na UCI do hospital e, através da análise de fluxo de trabalho, identificamos a informação médica necessária para FEE, bem como a melhor abordagem para apresentá-la. Para alcançar este objectivo, os princípios de interface humano-computador também foram considerados. A ideia principal é a de minimizar o máximo possível a barreira entre o utilizador humano e a folha de enfermagem, oferecendo uma interface clara e amigável, de modo que este possa ser utilizado com o menor esforço e com a maior capacidade possível, passando-a despercebida para o utilizador de modo a que este se fixe somente no registo da informação. A facilidade de utilização e aprendizagem devido à sua semelhança com a FEBP, bem como a sua flexibilidade (permite alterações) são outras das características IHC.

3.1 Desmaterialização da Folha de Enfermagem

Focamos o trabalho no entendimento dos itens existentes que são necessários para a FEE, bem como outros que seria desejável, a sua inclusão. Esperamos não só ter uma representação correcta, robusta, eficiente e uma interface amigável mantendo a estrutura do FEBP actual, mas também melhorar os seus benefícios. A nossa preocupação é com a qualidade do sistema, a qualidade da informação e a satisfação do utilizador. Noutra abordagem o desenvolvimento da FEE tem um envolvimento da equipa médica e de enfermagem e o compromisso de garantir a satisfação do utilizador como resultado final.

Devido à interacção que temos com o serviço, descobrimos novos e interessantes requisitos que irão melhorar o fluxo e a disponibilidade de informações. Enquanto que, com o FEBP as informações requeridas pela equipa de enfermagem para realizar o seu trabalho são distribuídos por algumas aplicações, a FEE vai integrar todas as informações em apenas uma aplicação e na forma mais conveniente. Esperamos ter um impacto positivo do sistema nos seus utilizadores (normalmente enfermeiros) e uma melhoria do fluxo do trabalho clínico. Com isto conseguimos com que a informação seja legível, correcta e acessível e tenha um tempo de resposta inferior ao actual. Uma vez que as fontes de informação médica estão sendo distribuídas de forma heterogénea e complexa, a FEE tira proveito da Agência AIDA.

O conceito Folha de Enfermagem Electrónica (FEE) deriva da versão em papel. É um mecanismo de integração e, conseqüente acesso, aos dados do doente. Enquanto melhora as práticas de saúde e de assistência ao doente devido à disponibilização dos dados que são formato digital, também proporciona um fácil e rápido acesso aos dados disponíveis para um sistema de apoio à decisão em tempo real. A natureza da FEE permite que os dados nela contidos sejam pesquisados e recuperados, nesse sentido é possível obter dados de dias anteriores e fazer a consulta dos dados do doente em passagens anteriores.

Como outros atributos o sistema inclui a acessibilidade, usabilidade, legibilidade e precisão das informações e o apoio à decisão proveniente da análise de dados. A Interação Humano-Computador (IHC) é um assunto de extrema importância. As conseqüências dos erros induzidos podem ser catastróficos num ambiente médico. Além disso, os princípios de IHC, tais como a usabilidade, também devem ser considerados para aumentar a aceitação do sistema entre os futuros (Feng, 2007). A desmaterialização de processos requer um grande cuidado no design de interfaces, de modo a que estas sejam apropriadas para consulta e análise de dados. Os médicos devem ter os dados acessível de forma fácil e em formatos que estejam em conformidade com os seus paradigmas de visualização.

Os enfermeiros estão numa posição privilegiada, que lhes permite contribuir para a tomada de decisão devido ao cuidado diário que têm com os doentes e ao contacto directo que têm com suas famílias. Apesar desta posição, os enfermeiros não são sempre convidados a participar no processo de decisão (McMillen, 2008). O envolvimento dos enfermeiros é limitado e, geralmente, são os responsáveis pelo preenchimento da folha de enfermagem que mais tarde ajuda os médicos no processo de tomada de decisões.

Um dos problemas na tomada de decisão que tem sido descrito é o tempo de atraso da decisão. Segundo os enfermeiros, o tempo é um factor muito importante na decisão de se recusar ou interromper o tratamento.

A FEE simplifica o trabalho da equipa de enfermagem, reduz o número de registos em papel e minimiza o tempo de acesso à informação. Além disso, é dada a oportunidade aos enfermeiros para estes terem mais tempo para cuidar dos doentes. Portanto, a implementação desta solução irá gerar um impacto positivo para ambos, tanto para os enfermeiros como para os doentes.

Actualmente, as informações relativas aos registos de enfermagem estão disponíveis em formato de papel e para cada dia é utilizada uma nova folha de enfermagem.

Os registos anteriores são arquivados em formato não electrónico e pelo processo clínico de cada doente, o que torna difícil e demorada a procura de dados do dia anterior.

Com a FEE, todas as informações serão actualizadas e disponibilizadas em formato digital, isto irá simplificar o processo de armazenamento e recuperação de informações. Com a desmaterialização dos processos, irão ocorrer algumas alterações relevantes, relacionadas com a organização e visualização da informação. Assim, em vez de existir uma pilha de papel baseada nas folhas de enfermagem, haverá uma única aplicação electrónica com toda informação clínica do doente, este processo é relevante tendo em conta o contexto da UCI. Além disso, o registo de enfermagem será preenchido automaticamente com os dados que vem de outras aplicações, tais como o plano terapêutico que é especificado pelos médicos, com as horas e as doses a serem aplicadas ao doente. O enfermeiro apenas tem de verificar a que horas é o próximo procedimento e actuar, depois deve confirmar se o fez ou justificar porque não o fez. Após a confirmação será calculado automaticamente o Balanço Hidro Electrolítico do doente. Antes de se avançar para o desenvolvimento da Folha de Enfermagem Electrónica foi necessário efectuar um estudo de cada uma das variáveis presentes na FEBP determinar o tipo e intervalos de dados permitido e de que forma esses dados poderiam ser preenchidos. A formalização da FEE pode ser feita através de um tuplo:

$$E \equiv \langle pid, feb, vsm, ss, ti, av, sv, mca, hmd, hmf, nl, plc, alt, pd, sez, pp, sop, np, sop, pc, oth \rangle$$

Identificação do Doente (PID): Contém informações demográficas e históricas sobre o doente, que estão na sua ficha clínica.

$$PID \subseteq \{\text{nome, número processo, número episodio, data aniversário, idade, sexo, altura, peso, índice massa corporal, número da cama}\}$$

Tabela 3: Especificação do conjunto de Dados PID

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Nome	Texto		Auto
Número de Processo Episódio	Texto		Auto
Data Aniversário	Data	Data	Auto
Sexo	Número	{0,1,2}	Auto
Idade	Número	Idade >= 18	Auto
Altura Peso Índice Massa Corp.	Número	R	Auto
Número da cama	Número	[0-12]	Auto

Balanço Hidro Electrolítico (FEB): representa o volume de líquidos que entram e saem do corpo do doente. Fluidos de entrada são as dietas, perfusão e terapêutica e, para cada um, existe um conjunto de valores possíveis que podem ser administrados ao doente. Excreção é o processo de eliminação de resíduos líquidos do metabolismo pelas fezes, vômitos e diurese.

$FEB \subseteq \{Dietas, Perfusões, Terapêuticas, Fezes, Vômitos, Aspirado Gástrico, Drenagem, Diurese, Tempo de Respiração Espontânea, Outros\}$

Tabela 4: Especificação do conjunto de Dados FEB

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Dietas	Número	R	Auto
Perfusões	Número	R	Auto
Terapêuticas	Número	R	Auto
Fezes	Número	R	Manual
Vômitos	Número	R	Manual
Aspirado Gástrico	Número	R	Manual
Drenagem	Número	R	Manual
Diurese	Número	R	Manual
TSR	Número	R	Manual
Outros	Número	R	Manual

Monitorização de sinais vitais (VSM): Inclui as informações mais importantes sobre os sinais vitais do doente adquiridos pelos MSV. Os enfermeiros observam os valores dos sinais vitais nos monitores, e confirmam, nos registos da FEE, se eles combinarem.

$VSM \subseteq \{Pressão Arterial Sistólica, Pressão Arterial Diastólica, PIC, PVC, SPO2, Temperatura, Frequência Cardíaca, Taxa Respiratória\}$

Tabela 5: Especificação do conjunto de Dados VSM

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Pressão Arterial Sistólica	Número	≥ 0	Auto
Pressão Arterial Diastólica	Número	≥ 0	Auto
PIC	Número	R	Auto
PVC	Número	R	Auto
SPO2	Número (%)	[0;100]	Auto
Temperatura	Número (°C)	R	Auto
Frequência Cardíaca	Número	≥ 0	Auto
Taxa Respiratória	Número	≥ 0	Auto

Secreções de Sucções (SS): Contém os resultados das secreções, para cada hora.

Entubação traqueal (ET): A entubação traqueal é a colocação de um tubo plástico flexível na traqueia para proteger as vias aéreas do doente e proporcionar um meio de ventilação mecânica (Farlex, 2009). A entubação tem 3 tipos e níveis diferentes de tubo.

$ET \subseteq \{\text{Tipo, Nível do Tubo}\}$

Tabela 6: Especificação do conjunto de Dados SS

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Tipo	Texto	OT, NT, TQ	Auto
Nível de Tubo	Número	R	Manual

Ventilação artificial (av): processo de apoio à respiração por meio manual ou mecânico, quando a respiração normal é ineficiente ou parou. Se a ventilação artificial não for suficiente, o doente é reposicionado e as vias aéreas são testadas para a detecção da presença de uma obstrução (Farlex, 2009). Este processo contém um conjunto de configurações / resultados para o doente.

$AV \subseteq \{\text{Modo Ventilação, Frequência, Volume por minutos, Volume Corrente, PEEP, Pressão Plateau, Pressão de Pico}\}$

Tabela 7: Especificação do conjunto de Dados AV

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Modo Ventilação	Texto		Auto
Frequência	Número	≥ 0	Manual
Volume por minutos	Número	R	Manual
Volume Corrente	Número	[0;100]	Manual
PEEP	Número	R	Auto
Pressão Plateau	Número	≥ 0	Auto
Pressão de Pico	Número	≥ 0	Auto

Ventilação espontânea (sv): respiração normal, sem assistência em que o doente cria o gradiente de pressão através de movimentos musculares que move o ar para dentro e fora dos pulmões. Este é um outro tipo de ventilação com diferentes condições (Farlex, 2009).

$SV \subseteq \{\text{FiO}_2, \text{Cateter Nasal}\}$

Tabela 8: Especificação do conjunto de Dados AV

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
FiO ₂	Número	R	Manual
Cateter Nasal	Texto		Manual

Controlo Metabólico (MCA): Análise de sensibilidade Hemodinâmica quantitativa de fluxos e as concentrações do metabolismo (Farlex, 2009).

$MCA \subseteq \{\text{Glicemia, Densidade Urinária, Outras}\}$

Tabela 9: Especificação do conjunto de Dados MCA

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Glicemia	Número	R	Manual
Densidade Urinária	Texto		Manual
Outros	Texto		Manual

Hemodinâmica (HMD): significa "movimento de sangue", é o estudo do fluxo ou circulação sanguínea (McMillen, 2008).

$$\text{HMD} \subseteq \{\text{D.C.}, \text{I.C.}, \text{S.V.}, \text{LVSWI}, \text{RVSWI}, \text{SVRI}, \text{PVRI}\}$$

Tabela 10: Especificação do conjunto de Dados HMD

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
D.C.	Número	R	Manual
I.C.	Número	R	Manual
S.V.	Número	R	Manual
LVSWI / RVSWI	Número	R	Manual
SVRI / PVRI	Número	R	Manual

Hemofiltração (HMF): Durante a hemofiltração, o sangue de um doente passa por um conjunto de tubos (um circuito de filtragem), através de uma máquina para uma membrana semipermeável (o filtro), onde os resíduos e água são removidos. O líquido de reposição é adicionado e do sangue é devolvido ao doente (Farlex, 2009).

$$\text{HMF} \subseteq \{\text{Período do Histórico}, \text{Tempo Efectivo de Tratamento}, \text{Entrada de Solução de Respiração}, \text{Dialisante}, \text{Efluente}, \text{Volume Real Liquido Removido}\}$$

Tabela 11: Especificação do conjunto de Dados MCA

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Período do Histórico	Número	R	Manual
Tempo Efectivo de Tratamento	Número	R	Manual
Entrada de Solução de	Número	R	Manual
Dialisante	Número	R	Manual
Efluente	Número	R	Manual
Volume Real Liquido Removido	Número	R	Manual

Níveis Neuro Psíquicos (NPL): Conjunto de escalas que avaliam a condição neuropsíquica.

$$\text{NPL} \subseteq \{\text{Ramsay}, \text{Comportamento Interactivo}, \text{Glasgow}\}$$

Tabela 12: Especificação do conjunto de Dados NPL

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Ramsay	Número	[1;6]	Manual
Comportamento Interactivo	Número	R	Manual
Glasgow Olhos	Número	[1;4]	Manual
Glasgow Verbal	Número	[1;5]	Manual
Glasgow Motora	Número	[1;6]	Manual
Glasgow Totais	Número	[1;15]	Manual

Posicionamentos (POS): especifica o posicionamento do corpo do doente na cama.

Alertas (ALT): É uma variável de contagem que resume o número de indicações por cada hora por doente.

Diâmetro pupilar (DP): Escala que indica a medida do diâmetro pupilar.

$DP \subseteq \{\text{Diâmetro Esquerdo, Diâmetro Direito}\}$

Tabela 13: Especificação do conjunto de Dados DC

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Diâmetro esquerdo	Número	[1;7]	Manual
Diâmetro direito	Número	[1;7]	Manual

Crisis Convulsivas (seiz): Fenómeno electro-fisiológico temporário anormal do cérebro, que resulta numa sincronização anormal da actividade eléctrica neuronal.

Pulsos Periféricos (pp): Série de ondas da pressão arterial causada pela sistólica do ventrículo esquerdo que é medida pelos membros.

Escala da Dor (SOP): Escala que avalia o nível de dor.

$SOP \subseteq \{\text{Escala 1, Escala 2}\}$

Tabela 14: Especificação do conjunto de Dados SOP

	Tipo	Intervalo de dados	Preenchimento
Escala 1	Número	R	Manual
Escala 2	Número	R	Manual

Plano de Enfermagem (NP): Um plano descritivo que contém todas as tarefas a serem executadas para o cuidado dos doentes.

Procedimentos (PCD): Procedimentos que são executados no corpo do doente, como cateteres e outras soluções infundidas.

Outros (OTH): dados não clínicos de que são diariamente ou ocasionalmente registados, como data e hora, identificação do pessoal de enfermagem, entre outros.

3.2 FEE – Protótipo

Com base no estudo previamente apresentado iniciamos o desenvolvimento da Folha de Enfermagem Electrónica (FEE). O desenvolvimento envolveu vários meses de investigação e de trabalho de modo a que a compreensão do sistema fosse a melhor possível. Como já foi referido para a construção desta nova folha tivemos por base a já existente no serviço, a de papel. A FEE apresenta um módulo de comunicação com a base de dados, quer seja para o preenchimento automático dos dados, quer seja para posterior armazenamento dos dados em tabelas. Nesse sentido, é importante reunir um conjunto de informações que permitam a correcta definição dos modelos de decisão tendo por base a descoberta de conhecimento em Base de Dados.

Para o desenvolvimento da FEE foi então, necessário integrar os diferentes tipos de fontes de informação electrónica (Figura 16): Gateway, Processo Clínico Electrónico, Plano de Enfermagem e Sistema de Medicação. Estas fontes irão alimentar automaticamente a FEE. A figura 16 apresenta as fontes de informação dos registos de enfermagem electrónicos.

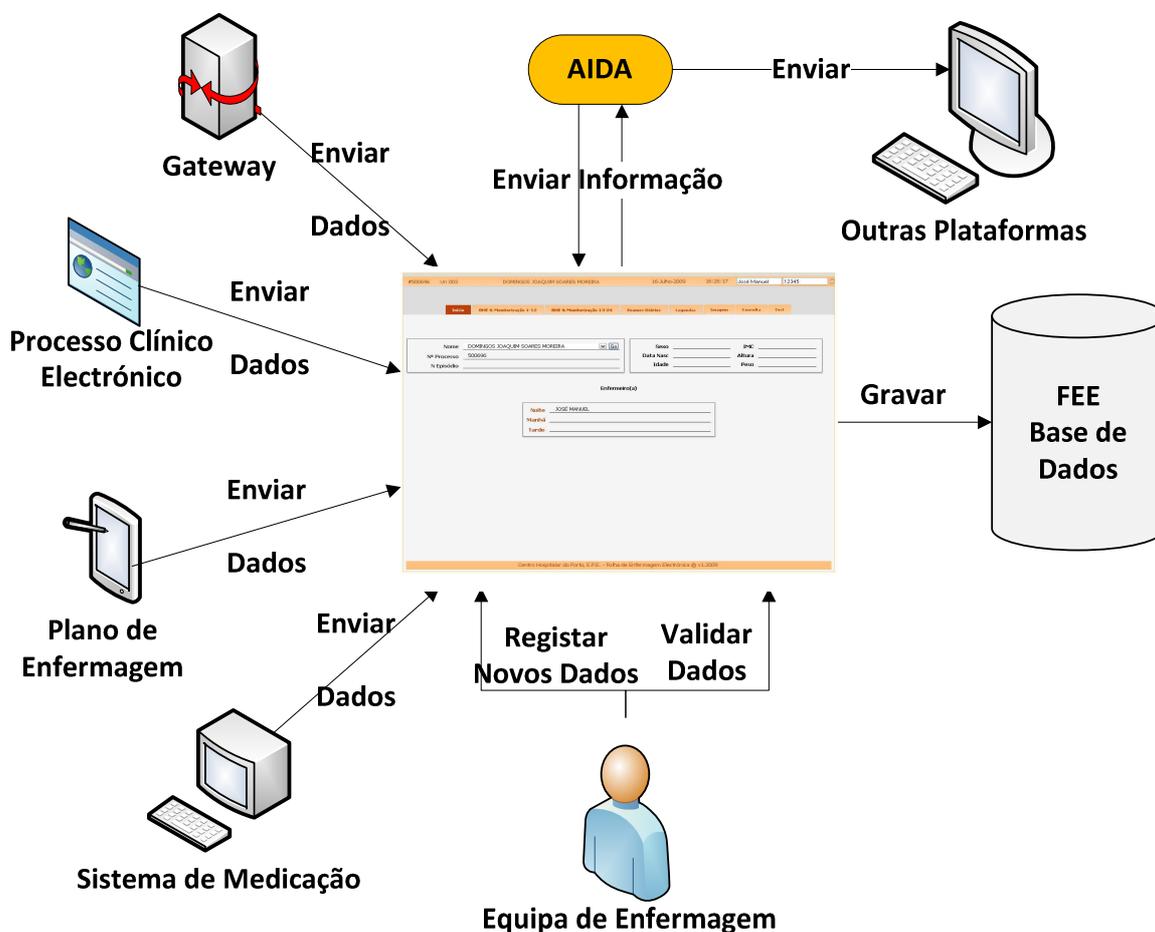


Figura 16 – FEE: Fontes de Informação

O **Gateway** é responsável por capturar os dados dos sinais vitais dos MSV. Esta informação é agrupada em mensagens HL7, enviada para o agente “Aquisição de Sinais Vitais” sinais vitais da aquisição do agente e para a FEE.

O **Processo Clínico Electrónico** recebe e armazena as informações demográficas e históricas do doente e envia-as para a FEE.

O **Plano de Enfermagem** contém o plano de trabalho e de tratamento do doente e estará disponível na FEE.

O **Sistema de Medicação** é responsável pelo envio de um plano com a medicação prescrita para o doente. Neste caso, o sistema envia os nomes dos medicamentos e dosagens para a FEE. Neste caso é necessário que a equipa de enfermagem valide os valores e os resultados na plataforma electrónica (FEE). Assim, sempre que um medicamento é aplicado, o enfermeiro deve validá-lo na FEE.

Os valores de algumas variáveis analíticas como, fezes, drenagem e diurese, não podem ser preenchidos automaticamente, assim o enfermeiro tem necessariamente de os preencher manualmente na FEE. Após a confirmação dos valores por parte do enfermeiro, estes são armazenadas na base de dados.

A Agência **AIDA** é responsável pelo envio de algumas informações para a FEE e para as **Outras plataformas.**

O protótipo da Folha de Enfermagem é pertença do projecto de investigação INTCare e não é autorizada a sua divulgação. Na FEE temos o grupo de dietas e medicação que é flexível, e só aparecem quando existirem dados na base de dados. Na medicação, existe um conjunto de resultados (Glóbulos, Plasma, Plaquetas) que é necessário preencher sempre, no futuro este preenchimento será automático e resultante das análises clínicas efectuadas ao doente.

As saídas (eg. Fezes, Vómitos, Diurese) são preenchidas de forma manual enquanto que as dietas e medicação são as entradas e são preenchidas automaticamente. Sempre que algum dado for inserido é calculado o Balanço Hidro Electrolítico.

Os dados da monitorização são preenchidos automaticamente e provém dos sinais vitais que são monitorizados e armazenados através do gateway. Todos os outros dados são de preenchimento manual. Sempre que um dado for inserido o enfermeiro tem de confirmar o valor, após a confirmação os dados são inseridos na base de dados. Como forma de proteger os dados inseridos, existe a possibilidade de bloquear a edição das colunas, evitando a alteração dos dados após a confirmação dos mesmos.

3.3 FEE – Fontes de Informação

A seguinte tabela (Tabela 15) apresenta de que forma a Folha de Enfermagem Electrónica é preenchida. Que dados são preenchidos de forma automática, quais as fontes de informação desses dados e que informação é preenchida de forma manual.

Tabela 15: FEE – Fontes de Informação

Fonte de Informação	FEE – Dados Preenchidos
PCE – Dados do Doente	Dados Clínicos, Doentes Internados
SAP - Dietas	Dietas
SAP – Medicamentos	Medicação
Gateway – Sinais Vitais	Monitorização
Preenchimento Manual	Historial do Tratamento, Entubação traqueal, Saídas Controle Metabólico, Diâmetro Pupilar, Crises Convulsivas, Pulsos Periféricos, Escala da Dor, Níveis Neuro Psíquicos, Posicionamentos, Alertas

3.4 Resultados Alcançados

Na Tabela 16 podem ser verificadas os resultados alcançados, fazendo uma comparação das principais diferenças entre a Folha de Enfermagem tradicional e a que estamos a desenvolver para a UCI. De uma forma geral podemos verificar que tanto os enfermeiros como os doentes vêem a tirar partido da passagem da FEBP para a FEE, existe um ganho considerável entre as funcionalidades de uma e de outra.

A partir de agora todas as informações estarão disponíveis em formato digital, bem como a sua monitorização e armazenamento será feita de forma automática onde apenas existirá intervenção humana para a confirmação ou alteração dos procedimentos e exames médicos. Com isto os enfermeiros ganham tempo para se preocuparem e tratarem os doentes que estão a seu cuidado.

Tabela 16: Diferenças entre a FEBP e a FEE

Diferença	FEBP	FEE
Alertas automáticos	Não	Sim
Aspecto Interactivo	Não	Sim
Bloqueio de Edição	Não	Sim
Calculo Automático BHE	Não	Sim
Configurável	Não	Sim
Consulta dos Resultados Anteriores	Demorada	Imediata
Formato	Papel	Digital
Interface Gráfica	Não	Sim
Modo de Utilização	Escrita	Toque
Tempo de Registo	Horário	Horário
Tipo de Registo	Manual	Automático / Manual
Tipo de Sistema	Não Integrado	Integrado

3.5 FEE – Principais Funcionalidades

As principais funcionalidades da Folha de Enfermagem Electrónica são:

- Cálculo Automático do Balanço Hidro Electrolítico;
- Funcionalidade Touch-screen possibilita uma maior rapidez de acesso e registo da informação;
- Integração com os vários sistemas utilizados no serviço;
- É necessária a confirmação da administração planeada ou indicação das alterações;
- Permite a criação de gráficos que elucidem melhor os valores dos doentes;
- Possibilidade de alterar as dosagens de acordo com os motivos previamente definidos;
- Possibilidade de consultar e comparar resultados do próprio dia ou de vários dias;
- Possibilidade de envio de alertas quando estiver perto da hora para a realização de algum procedimento no doente;
- Possibilidade de ocultar as variáveis não medíveis;
- Preparado para a integração de modelos de decisão;
- Processo Distribuído;
- Registo Automático dos Dados do Doente;
- Registo Automático dos dados dos sinais vitais medidos pelo Gateway;
- Registo Automático dos Planos Terapêuticos;
- Registo do Enfermeiro que procedeu às alterações e confirmou a dose.

3.6 FEE – Implementação

O processo de desenvolvimento da Folha de Enfermagem Electrónica (FEE) integra a possibilidade de novas configuração pois, durante o desenvolvimento do protótipo da Folha de Enfermagem Electrónica, já o colocamos em testes de modo a que pudessem ser feitas alterações. Com isto estamos a tentar encontrar a melhor abordagem de desenvolvimento e implementação da FEE na Unidade de Cuidados Intensivos do HGSA. Estamos a desenvolvê-lo com base na versão em papel, inclusive, recursos extras que estão de acordo com as indicações e as necessidades da equipa médica e de enfermagem.

De momento, nós já apresentamos um protótipo e recolhemos as primeiras impressões para validação do mesmo. A primeira versão foi bem aceita, no entanto, algumas adaptações e novas exigências surgiram. A fim de alcançar uma solução ideal para o serviço, as alterações necessárias foram feitas e a segunda versão do FEE está prestes a terminar para ser testada no serviço.

O envolvimento de várias pessoas neste projecto, como é o caso dos médicos e dos enfermeiros, aumentou a satisfação do utilizador com o resultado final. Neste contexto, o envolvimento do utilizador refere-se à participação deste no processo de desenvolvimento do sistema.

Durante o processo de implementação surgiram algumas implicações que nos levaram a alterar o aspecto da FEE. Como já foi referido a FEE é uma aplicação touch-screen no entanto e antes de esta estar concluída a mesma foi desenvolvida como uma aplicação para computadores não touch-screen. Assim e após sabermos que existia a possibilidade de adquirir monitores touch-screen fomos “obrigados” a alterar o modelo da FEE de modo a que esta contemplasse botões para uso do toque. Apesar deste atraso na implementação todos ficamos a ganhar com esta mudança, pois a utilização da aplicação será fácil e intuitiva, fazendo com que o enfermeiro perca o menor tempo possível a registar os dados e tenha mais tempo para cuidar do doente.

A Figura 17 apresenta o ciclo de desenvolvimento, aprovação e implementação da FEE. Estamos a desenvolver uma segunda versão da FEE, esta versão já irá ser implementada no ambiente real para o pessoal médico e de enfermagem poder testar e aprovar. Ela será instalada num computador do serviço e limitada a um grupo reduzido de utilizadores.

Com esta abordagem, esperamos que sejam detectáveis os problemas que possam ocorrer da utilização bem como novas exigências e melhorias para a FEE. A opinião dos médicos e enfermeiros é de máxima importância devido a problemas de aceitação já discutidos anteriormente, além disso permite que, seja garantido que a FEE faz exactamente, e de forma correcta, o que se espera.

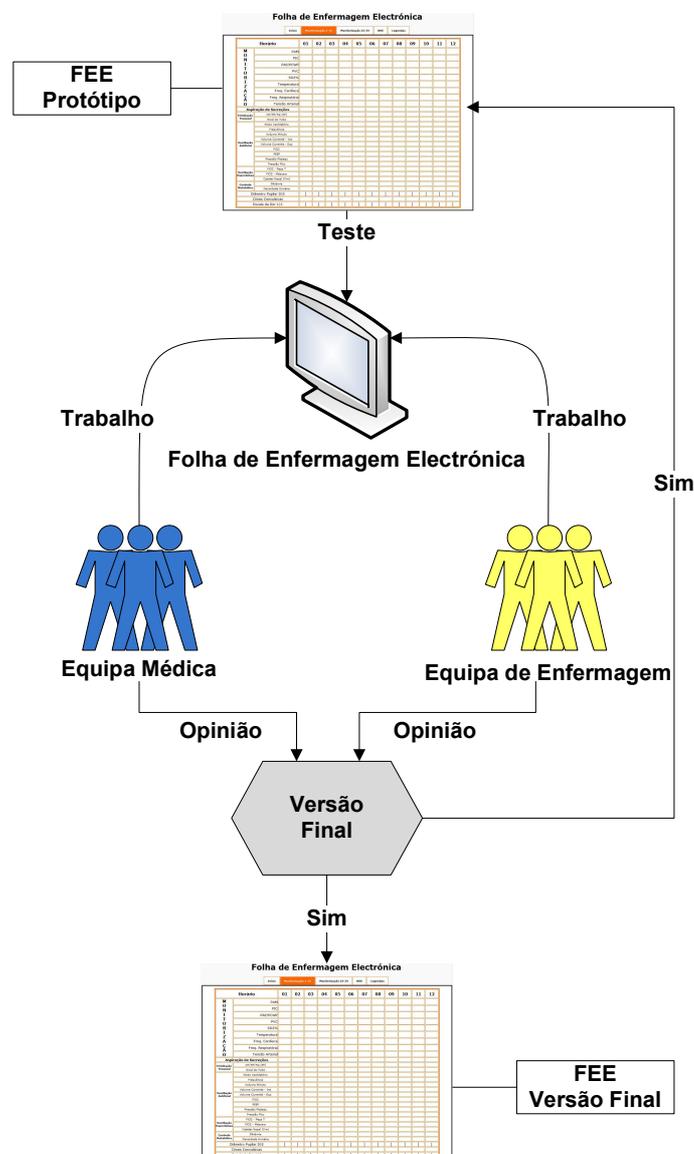


Figura 17 – FEE: Ciclo de implementação

4. Sistema de Apoio à Decisão

Não é possível desenvolver um sistema de Apoio à Decisão Inteligente (SADI) sem ter uma base de conhecimento e informação consistente. Com isto foi necessário, reformular toda a arquitectura dos Sistemas de Informação, visto ainda existir muita informação em papel. Assim tivemos de utilizar mais tempo do que previsto na parte da arquitectura dos sistemas que incluiu o desenvolvimento da Folha de Enfermagem Electrónica (FEE). Em paralelo e tendo por base alguns dados recolhidos de forma manual já fomos testando os dados a ver se os seleccionados eram os suficientes para a criação de modelos de previsão e de decisão. Em cooperação com os outros elementos da equipa de investigação foi possível perceber que os dados que haviam sido recolhidos manualmente eram satisfatórios para a realização de modelos. Assim, ao mesmo tempo fomos desenvolvendo um modelo que possibilitasse a recolha de todos esses dados em tempo real e fomos testando modelos de previsão, para assim que tivermos os dados todos recolhidos no momento possamos aplicar os modelos previamente definidos.

Após termos definido a arquitectura dos sistemas de informação e ter desenvolvido o modelo de informação é que conseguimos obter toda a informação necessária de uma forma imediata e segura.

4.1 SAD – Fase de Inteligência

Tendo em conta as quatro fases de desenvolvimento de um Sistema de Informação de Efraim Turban actualmente encontramos-nos na segunda fase, a da concepção. Apesar disso, a primeira fase continua ainda em estudo de modo a se obter os melhores modelos de previsão, no entanto o SAD vai sendo construído paralelamente vai sendo. O desenvolvimento dos modelos de previsão está a cargo de outra equipa. No final será as ilhas de informação serão agrupadas obtendo o tão ambicionado SAD para a MI.

Podemos então concluir que o problema se encontra bem definido e programado. À partida e devido à complexidade do sistema este teve de ser dividido em vários subgrupos: Monitorização, Recolha, Armazenamento e Leitura dos Dados. Como pode ser verificado no capítulo III analisamos o ambiente, a realidade e os objectivos do problema que resultou na definição do estado actual do problema.

4.2 SAD – Fase de Concepção

O objectivo da fase de concepção é a criação de um Sistema de Apoio à Decisão que seja capaz de, através dos modelos de previsão e decisão, suportar, em tempo-real, o processo de tomada de decisão no Serviço de Cuidados Intensivos. Os dados deste sistema são provenientes de três fontes de informação, que serão submetidos a algoritmos de *Data Mining* e inseridos nos Modelos de Decisão para se obterem as previsões. A Figura 18 demonstra a arquitectura de concepção do SAD.

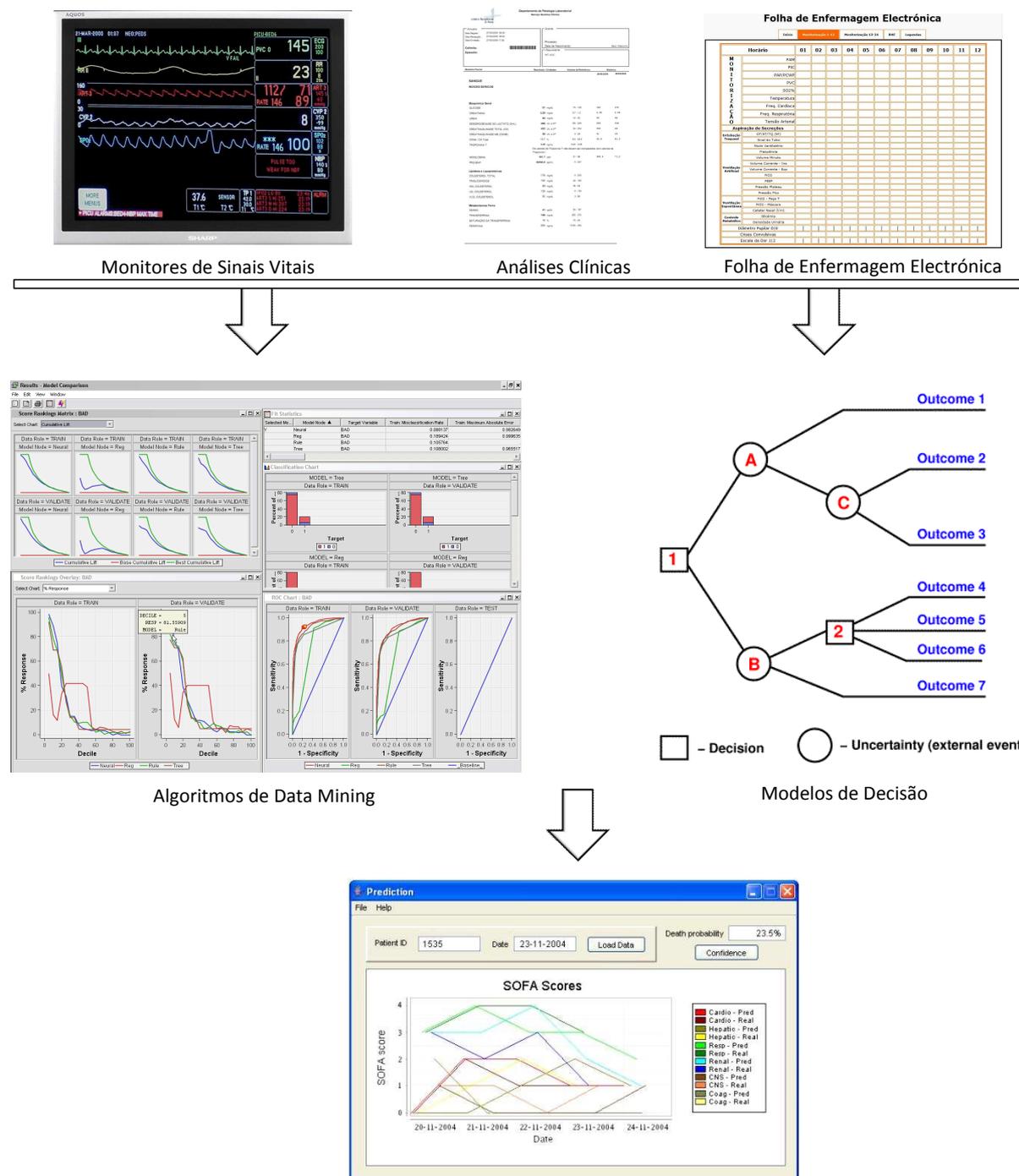


Figura 18 – Arquitectura do INTCare

4.3 SAD – Fases de Escolha, Implementação e Monitorização

As três últimas fases: escolha, implementação e monitorização só podem ser realizadas numa fase posterior, ou seja, após o sistema estar correctamente desenvolvido e em funcionamento. De momento não nos é possível especificar as necessidades e resultados de cada uma das fases. No entanto podemos ainda acrescentar que sistema entrará numa fase de adaptabilidade onde existirá uma optimização dos modelos e os resultados obtidos desses modelos serão constantemente actualizáveis nos monitores e na Folha de Enfermagem Electrónica, ou seja existirá um género de um ciclo entre as fontes de informação e a FEE privilegiando uma rápida actuação perante as adversidades dos doentes.

4.4 SAD – Factores de Decisão

A determinação dos factores de decisão é uma etapa demorada e complexa, pois na saúde existe um vasto conjunto de variáveis que podem influenciar a decisão. Após ter sido feito “entrevistas” ao Director do SCI do HGSA e a alguns médicos e enfermeiros foi possível determinar quais seriam alguns dos factores de decisão mais importantes.

- Idade
- Sexo
- Interacção entre medicamentos
- Outras patologias / doenças
- Doses Recomendadas
- Reacções aos Medicamentos
- Insuficiências / Alergias conhecidas

Numa etapa seguinte estes factores de decisão irão ser diferenciados de acordo com a importância e necessidade de cada um para o processo de tomada de decisão, assim serão criados modelos de diferenciação entre os vários factores de decisão. Esta etapa será realizada após a conclusão e aprovação da FEE.

5. Conclusão

A fim de responder aos novos desafios do sistema INTCare, foi necessário proceder a uma remodelação do sistema.

Em particular, o desenvolvimento da FEE é uma parte crucial, porque ela irá fornecer dados *online* e em tempo real. Com a FEE a nossa preocupação é fazer com que o seu preenchimento seja automático, tanto quanto possível. Alguns parâmetros que estão escritos na versão em papel já estão sendo armazenadas digitalmente em outros lugares, por isso estamos estudando a melhor abordagem para incluí-los na FEE, evitando a duplicação desnecessária de dados. Nesse ponto, temos de ter uma estreita interacção com a equipa médica e de enfermagem. A desmaterialização de processos requer um grande cuidado no design de interfaces apropriadas para consulta, registo e análise de dados. Os médicos devem ter os dados facilmente acessível e em formatos que estejam em conformidade com os seus paradigmas de visualização. Além disso, os profissionais de saúde têm de confiar nos sistemas que suportam os registos de dados clínicos.

A fim de fazer a transição do papel para a versão digital do registo de enfermagem o mais suave possível, primeiro foi desenhado um protótipo para validação pela equipa médica e de enfermagem. Após a aprovação, o próximo passo é ajustá-lo adequadamente e implantá-lo para uma fase de testes no serviço. Um número reduzido de utilizadores será responsável por testar a FEE em um ambiente do mundo real, relatando questões que devem ser corrigidas ou alterações para melhorá-lo. A ideia final será colocar a FEE a funcionar em cada um dos monitores existente, sendo um monitor por doente.

Terminada esta etapa, teremos então todos os dados necessários, para o Sistema de Apoio à Decisão, em formato electrónico. De seguida podemos iniciar o desenvolvimento final do SAD, que virá a integrar os modelos de previsão que estão a ser desenvolvidos no momento e os modelos de decisão que irão ser desenvolvidos posteriormente.

CAPÍTULO V – Conclusões

1. Discussão

No capítulo Estado da Arte, ficou demonstrado que as ferramentas que apoiam os processos de tomada de decisão e ajudam à resolução de problemas têm proliferado e evoluído ao longo das últimas décadas partindo de aplicações baseadas em folhas de cálculo, para Sistemas de Apoio à Decisão Adaptativos que incorporam modelos de optimização combinados com componentes de estatística e Inteligência Artificial (Michalewicz, Schmidt, Michalewicz, & Chiriac, 2005). Tal facto pode ser constatado através da evolução que se verificou no conceito “*Business Intelligence*” e na transição que houve entre os Sistemas Especialistas (periciais) e os Sistemas de Apoio à Decisão Inteligente (SADI).

Actualmente, e como se pode verificar, existe uma predominância de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) baseado em regras, ao invés da utilização de sistemas baseados em modelos ou numa combinação entre os modelos e as regras. Os sistemas baseados em regras determinam o melhor tratamento para doentes baseando-se numa combinação do modelo fisiológico do paciente com as orientações e protocolos clínicos existentes, enquanto que os sistemas baseados em modelos procuram de uma forma ou de outra otimizar os métodos terapêuticos, para isso simula o modelo fisiológico do doente. Pretendemos inverter esta situação para isso a criação de sistemas baseados em modelos de decisão que incorporam regras é a melhor opção para os Sistemas de Apoio à Decisão.

Na Unidade de Cuidados Intensivos do Hospital Santo António, foi possível comprovar a existência de algumas quantidades de informação em papel e que esta pode ser efectivamente recolhida e armazenada utilizando sistemas de informação clínica (Katharina Morik, Imboff, Brockhausen, Joachims, & Gather, 2000). Muita desta informação que ainda se encontra em formato não digital é útil para o processo de decisão.

Podemos também comprovar que a multiplicidade de variáveis que nos são apresentadas à cabeceira do doente dificultam a análise e decisão por parte de um humano e que os seres humanos estão limitados na sua capacidade de estimar o grau de parentesco entre apenas duas variáveis (D. L. Jennings, Amabile, & Ross, 1982), sendo preciso evoluir e aumentar a capacidade de decisão por parte dos médicos. Nesse sentido iniciamos a recolha da informação que é monitorizada em tempo real através do gateway.

Com a presença do INTCare e com o trabalho que vem sendo desenvolvido nas UCI já se pode contrariar a afirmação feita por Morik, onde dizia que não era muito provável nos tempos mais próximos a recolha de dados em tempo real. “A maioria das variáveis é introduzida manualmente. Para entidades, tais como observações clínicas, procedimentos de enfermagem, medidas terapêuticas, medicamentos, ou ordens, é muito pouco provável que a entrada dessas variáveis possam ser automatizadas num futuro previsível” (Katharina Morik, et al., 2000).

Como já foi descrito anteriormente, actualmente esses mesmos dados estão a ser monitorizados automaticamente, bem como os tratamentos efectuados a fim de prever medidas terapêuticas e suportar o processo de tomada de decisão. No entanto, ainda falta uma correcta definição do sistema de recolha de modo a que os dados recebidos sejam de confiança e importantes para a decisão, uma vez que este tipo de recolha tem um problema que se prende com a fiabilidade e qualidade dos dados.

A situação actual da maioria dos processos de construção de um sistema de decisão permite-nos concluir que este processo é complexo e demorado e que é necessário ultrapassar várias etapas. Esta ideia já pôde ser comprovada através da realização de algumas etapas na UCI, onde já surgiram algumas condicionantes no sistema de recolha.

O processo de INTCare começa com a recolha de dados em tempo real, de seguida será transformado em conhecimento para os modelos e só após a conclusão desta etapa é que podemos avançar para a modelação do processo de tomada de decisão. Este processo pode ser dividido em dois grandes grupos o da tomada de decisão que engloba as fases da inteligência, concepção e escolha e o da resolução do problema que inclui a implementação e monitorização. Neste ponto é fundamental que as restrições do problema e selecção de variáveis vão de encontro aos problemas e objectivos inicialmente definidos. Actualmente e como ficou comprovado, no capítulo anterior, estamos na fase da concepção do sistema.

Os Sistemas de Apoio à Decisão na medicina intensiva visam proporcionar aos profissionais de saúde orientações terapêuticas estando estes ao lado da cama do doente, sendo o objectivo apresentar as melhores decisões tendo em conta um conjunto de circunstâncias, onde tanto a opinião dos médicos como as dos enfermeiros são fundamentais para todo o processo de decisão.

A ideia é, como já ficou demonstrado, construir modelos aplicáveis na medicina intensiva que sejam capaz de se adaptar às várias alterações e complicações que forem surgindo nas UCI, onde o processo de tomada de decisão será apoiado por um sistema inteligente. Assim pretendemos ter um sistema que lide com variáveis mais sensíveis, onde o ser humano é sempre o último a ter a opinião, porque ninguém melhor que os médicos ou enfermeiros conhecem o doente.

Após análise de alguns sistemas verificamos a existência de vários estudos sobre os mesmos assuntos, no entanto, ainda nenhum completou todo um processo de SAD baseados em modelos de decisão. Não existe nenhum estudo além do INTCare que se preocupe com a realização de modelos de decisão para a previsão do *outcome* e falência de órgãos, tendo em conta os dados monitorizados e os resultados obtidos após o cálculo do SOFA. SOFA que é muito importante para a previsão da falência dos órgãos e definição do *outcome*. O SOFA varia entre o intervalo de 0 a 24 e resulta da soma dos resultados obtidos aquando do cálculo da falência de cada um dos seis sistemas orgânico.

2. Resultados Obtidos

Com o INTCare, já foi possível provar que os dados monitorizados pelo MSV do doente podem contribuir para a previsão do *outcome*, da falência e disfunção dos sistemas orgânicos e para a tomada de decisão sobre os tratamentos adequados, assim pretende-se evitar situações críticas e irreversíveis. Durante a dissertação já foi possível fazer o mesmo utilizando técnicas de aquisição de conhecimento em base de dados em tempo real (*online*), passando de uma base de dados real mas com dados fixos para base de dados reais que são constantemente actualizadas, aplicando modelos de tomada de decisão. Neste ponto muito tem contribuído a instalação do Gateway e a concepção da FEE. O grau de fiabilidade dos dados que estão a ser armazenados dever ser o melhor possível e está dependente de vários factores quer humanos quer técnicos.

Durante este período foram também desenvolvidas actividades que envolvem a compreensão e definição dos dados, interpretação da linguagem e criação de um interpretador HL7, análise dos processos desenvolvidos nas UCI e outras que englobam a análise dos dados recolhidos e armazenados na Base de Dados e a detecção de problemas e falhas no sistema de recolha. Apesar da existência de alguns problemas iniciais no processo DCBD, existe já uma evolução relativamente ao trabalho previamente desenvolvido no INTCare. Neste momento já “deixamos” o conjunto de dados que eram provenientes da Base de dados EURIKUS e estamos a começar a utilizar os dados que são monitorizados em tempo real e se encontram correctamente inseridos na Base de Dados.

Tendo em conta a nova granularidade associada à frequência com que se prevê e se decide e analisando a viabilidade de construção dos modelos e aplicação no sistema de apoio à decisão, reformulamos o sistema de recolha de dados. Definimos uma nova arquitectura e colocamo-la em funcionamento, relativamente aos dados em papel desenvolvemos uma Folha de Enfermagem Electrónica.

Até ao momento já foram também desenvolvidos alguns modelos de DM, tendo em conta os novos dados recolhidos, para a previsão do *outcome* e falência de órgãos, baseados no SOFA e no número de eventos críticos.

A realização desta dissertação possibilitou a presença num congresso (XII Congresso Medicina Intensiva), a escrita de alguns artigos para conferências e publicações científicas:

Santos M., Portela F., Boas M., Machado J., Abelha A., Neves J., Silva A., Rua F., Information Modeling for Real-Time Decision Support in Intensive Medicine, in Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTER \& APPLIED COMPUTATIONAL SCIENCE (ACACOS '09), Hangzhou, China, Maio 20-22, 2009.

Santos M., Portela F., Boas M., Machado J., Abelha A., Neves J., Silva A., Rua F., Information Architecture for Intelligent Decision Support in Intensive Medicine, WSEAS Transactions on Computers, Volume 8, Número 5, Páginas 810-819, 2009.

Santos M., Portela F., Boas M., Machado J., Abelha A., Neves J., Silva A., Rua F., Intelligent Decision Support in Intensive Care Units Nursing Information Requirements, in Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on APPLIED INFORMATICS AND COMMUNICATIONS (AIC '09), Moscovo, Russia, Agosto 20-22, 2009.

Santos M.F., Portela F., Vilas-Boas M., Machado J., Abelha A., Neves J., Silva A., Rua F., Salazar M., Quintas C., Cabral A.F., Intelligent Decision Support in Intensive Care Units - Nursing Information Requirements, WSEAS Transactions on INFORMATICS, 2009.

Nesta dissertação verificou-se um desvio na concretização dos objectivos, visto o processo ser progressivo e ser necessário atingir vários objectivos intermédios, entre os quais esteve a concepção da Folha de Enfermagem Electrónica que se enquadra no objectivo b). Assim o objectivo d) e e), estão ainda em desenvolvimento.

3. Trabalho Futuro

Como trabalho futuro temos a conclusão da Folha de Enfermagem Electrónica, a definição de todos os factores do processo de tomada de decisão e a criação modelos de diferenciação. Concepção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente que assegure o maior número de fases no contexto do processo de tomada de decisão (inteligência, concepção, escolha, implementação e monitorização) é outro dos objectivos futuros. O sistema deve ser capaz de, através dos modelos de decisão e previsão, suportar o processo de tomada de decisão, para a Medicina Intensiva

O objectivo final é tornar o sistema INTCare tão útil como o Guardian que é uma das mais-valias para as UCI. O Sistema deve ser útil, capaz de prever actividades que possam influenciar comportamentos e após percepção de qual o impacto que as decisões tomadas podem ter, deve suportar a decisão.

Após terem sido elaboradas todas as fases necessários para a concepção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente baseado em modelos de decisão e no conhecimento obtido a partir da Base de Dados, é de esperar que o sistema represente um livro de decisões médicas para a medicina intensiva, onde o conhecimento da máquina em conjunto com o conhecimento humano contribui para o melhoramento do processo de toma de decisão, com o objectivo de melhorar a situação clínica do maior número de doentes.

4. Considerações Finais

Podemos então concluir que o aparecimento do Business Intelligence em muito tem contribuído para a melhoria da medicina intensiva e que o contributo que o INTCare tem tido para esta melhoria é significativo, no entanto ainda há muito para fazer na medicina intensiva.

A Folha de Enfermagem Electrónica está a ser desenvolvida para o Serviço de Cuidados Intensivos, no entanto está preparada para ser utilizada nos outros serviços do hospital. A sua criação não permitiu que fosse atingido todos os objectivos inicialmente deliniados, visto não estar programado o desenvolvimento de nenhuma aplicação na arquitectura de sistemas de informação. No entanto e devido às necessidades do sistema de informação foi necessário remodelar o sistema INTCare ao qual foi incluído o desenvolvimento da FEE

O capítulo III apresentou as necessidades de informação que foram necessárias para adaptar o sistema INTCare - Intelligent Decision Support System for Medicina Intensiva – à aquisição de dados on-line e em tempo real e aos requisitos de processamento. A nova abordagem implementa todas as etapas de aquisição de dados de forma automática e contínua e está sendo testado em um ambiente real na UCI do Hospital Santo António, no Porto, Portugal. A solução englobou a implantação de um gateway, um conjunto de agentes e estruturas de dados a fim de dar resposta a um conjunto de requisitos (R1 a R8).

Relativamente ao processo de descoberta do conhecimento, e devido a termos de desenvolver um sistema de informação, visto o sistemas existentes não serem os suficientes, apenas concluímos a primeira parte da criação da Base de Dados e selecção dos dados a analisar. As etapas seguintes estão a ser efectuadas de modo a que no final e após a aplicação do Processo de Descoberta do Conhecimento em Base de Dados (PDCBD) consigamos obter conhecimento que permita a criação de modelos de decisão para o tratamento a efectuar e previsão da falência orgânica. Já foram efectuados algumas análises sobre a qualidade dos parâmetros fisiológicos recebidos pelo gateway, no entanto ainda não foram determinadas quais as principais razões para a existência de uma grande quantidade de valores nulos ou fora de intervalo. Esses resultados podem ser consultados nos gráficos que seguem em anexo.

Nesta dissertação procuramos também mostrar o trabalho que teve por base o desenvolvimento de uma nova abordagem para o registo de enfermagem (Capítulo IV). O principal objectivo era o de permitir o registo electrónico de dados em tempo real e a implementação da aquisição e processamento de dados on-line. Esta abordagem representa uma ruptura com o passado, e uma necessidade de mudança no modo de agir e de pensar, pois procura a desmaterialização de processos baseados em papel. Depois de estudar este caso, podemos afirmar que FEE é o futuro da UCI, porque o pessoal médico e de enfermagem terá a possibilidade de ter, mais rapidamente, todas as informações clínicas necessárias para os doentes. Como trabalho futuro temos a finalização FEE, acrescentando alguns itens importantes, como o plano de registo de enfermagem, procedimentos e a consulta de dados sobre informação clínicas, passadas, dos doentes clínicos.

Para o INTCare, estamos a dar passo importante para o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão para os cuidados intensivos em tempo real.

Com esta dissertação podemos concluir que as decisões podem ser tomadas de forma adequada se a informação clínica for exacta, abrangente, ambígua e acessível (Fonseca, et al., 2009). Medidas confiáveis são um pré-requisito para cumprir as expectativas de dados completa, precisa e legível (Cunningham, Deere, Elton, & McIntosh, 1996).

Bibliografia

- Abelha, A., Machado, J., Alves, V., & Neves, J. (2004a). Data warehousing through multi-agent systems in the medical arena.
- Abelha, A., Machado, J., Alves, V., & Neves, J. (2004b). Health data management in the medical arena. *WSEAS-Transactions-on-Computers*.
- Abelha, A., Machado, M., Santos, M., Sollari, A., Rua, F., Paiva, M., et al. (2003). Agency for Archive, Integration and Diffusion of Medical Information. *Proceeding of AIA*.
- Apostolakos, M. J., & Papadakos, P. J. (2001). *The Intensive Care Manual*: McGraw-Hill Professional.
- Arnott, D., & Pervan, G. (2004, Jul). *A critical analysis of decision support systems research*. Paper presented at the Conference on Decision Support Systems, Prato, ITALY.
- Belal, S. Y., Taktak, A. F. G., Nevill, A., & Spencer, A. (2005). An intelligent ventilation and oxygenation management system in neonatal intensive care using fuzzy trend template fitting. *Physiological Measurement*, 26(4), 555.
- Breslow, M. J. (2007). Remote ICU care programs: Current status. *Journal of Critical Care*, 22(1), 66-76.
- Buchanan, B. G., & Shortliffe, E. H. (1984). *Rule Based Expert Systems: The Mycin Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project (The Addison-Wesley series in artificial intelligence)*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA.
- Carrault, G., Cordier, M. O., Quiniou, R., & Wang, F. (2003). Temporal abstraction and inductive logic programming for arrhythmia recognition from electrocardiograms. *Artificial Intelligence in Medicine*, 28(3), 231-263.
- Clancy, W. J. (1983). GUIDON. *Journal of Computer Based Instruction*, 10, 8-15.
- Clemmer, T. P. (2004). Computers in the ICU: Where we started and where we are now. *Journal of Critical Care*, 19(4), 201-207.

- Coombs, M. (2003). Power and conflict in intensive care clinical decision making. *Intensive & Critical Care Nursing*, 19(3), 125-135.
- Cunningham, S., Deere, S., Elton, R. A., & McIntosh, N. (1996). Comparison of nurse and computer charting of physiological variables in an intensive care unit. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 13(4), 235-241.
- Farlex. (2009). Medical Dictionary. Retrieved 21-07-2009, 2009, from <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com>
- Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery: an overview.
- Feng, D. D. (2007). *Biomedical information technology*: Academic Press.
- Finlay, P. N. (1994). *Introducing Decision Support Systems* (2nd ed.): NCC Blackwell.
- Fonseca, T., Ribeiro, C., & Granja, C. (2009). Vital Signs in Intensive Care: Automatic Acquisition and Consolidation into Electronic Patient Records. *Journal of Medical Systems*, 33(1), 11.
- Frawley, W. J., Piatetsky-Shapiro, G., & Matheus, C. J. (1992). Knowledge Discovery in Databases: An Overview. *AI Magazine*, 13(3), 57-70.
- Fuchs, R. J., Berenholtz, S. M., & Dorman, T. (2005). Do intensivists in ICU improve outcome? *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 19(1), 125-135.
- Gago, P., Santos, M. F., Silva, Á., Cortez, P., Neves, J., & Gomes, L. (2006). INTCare: a knowledge discovery based intelligent decision support system for intensive care medicine. *Journal of Decision Systems*.
- Gago, P., Silva, A., & Santos, M. F. (2007, Dec 03-07). *Adaptive decision support for intensive care*. Paper presented at the 13th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, Guimaraes, PORTUGAL.
- Gall, J., Loirat, P., Alperovitch, A., Glaser, P., Granthil, C., Mathieu, D., et al. (1984). A simplified acute physiology score for ICU patients. *Critical care medicine*, 12(11), 975.

- Garnham, A. (1988). *Artificial Intelligence: An Introduction*: Routledge.
- Hall, J. B., Schmidt, G. A., & Wood, L. D. H. (2005). *Principles of Critical Care*: McGraw-Hill's AccessMedicine.
- Hanson Iii, C. W., & Marshall, B. E. (2001). Artificial intelligence applications in the intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 29(2), 427.
- Imhoff, M., Morik, K., & Gather, U. (2001). Development of decision support algorithms for intensive care medicine: A hybrid system of time series analysis and a knowledge base system. [Meeting Abstract]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 931-931.
- Jennings, D. L., Amabile, T. M., & Ross, L. (1982). Informal covariation assessment: Data-based versus theory-based judgments. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*, 211-230.
- Jennings, N. R. (2000). On agent-based software engineering. *Artificial Intelligence*, 117(2), 277-296.
- Knaus, W., Wagner, D., Draper, E., Zimmerman, J., Bergner, M., Bastos, P., et al. (1991). The APACHE III prognostic system. Risk prediction of hospital mortality for critically ill hospitalized adults. *Chest*, 100(6), 1619-1636.
- Kohn, L. T., Corrigan, J., & Donaldson, M. S. (2000). *To Err Is Human: Building a Safer Health System*: National Academy Press.
- Kulikowski, C. A., & Weiss, S. M. (1982). 2. Representation of Expert Knowledge for Consultation: The CASNET and EXPERT Projects. *Artificial Intelligence in Medicine*.
- Larsson, J. E., & Hayes-Roth, B. (1998). Guardian: An Intelligent Autonomous Agent for Medical Monitoring and Diagnosis. *IEEE Intelligent Systems*, 58-64.
- Le Gall, J. R., Lemeshow, S., & Saulnier, F. (1993). A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA*, 270(24), 2957-2963.

- Lucas, H. (2008). Information and communications technology for future health systems in developing countries. *Social Science & Medicine*, 66(10), 2122-2132.
- Mahmoud, M. (2003). Real-time data acquisition system for monitoring patients in Intensive Care Unit (ICU). *Multisensor, Multisource Information Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications 2003*, 5099, 320-326.
- Marreiros, M. G. (2007). *Agentes de Apoio à Argumentação e Decisão em Grupo*. Universidade do Minho.
- McMillen, R. E. (2008). End of life decisions: Nurses perceptions, feelings and experiences. *Intensive and Critical Care Nursing*, 24(4), 251-259.
- Michalewicz, Z., Schmidt, M., Michalewicz, M., & Chiriac, C. (2005). Case Study: An Intelligent Decision-Support System. *IEEE Intelligent Systems*, 44-49.
- Michalewicz, Z., Schmidt, M., Michalewicz, M., & Chiriac, C. (2007). *Adaptive Business Intelligence*: Springer.
- Morik, K. (2003). Data analysis and knowledge validation in intensive care monitoring.
- Morik, K., Imboff, M., Brockhausen, P., Joachims, T., & Gather, U. (2000). Knowledge discovery and knowledge validation in intensive care. *Artificial Intelligence in Medicine*, 19(3), 225-249.
- Nealon, J. L., & Moreno, A. (2003). Agent-Based Applications in Health Care. *Applications of Software Agent Technology in the Health Care Domain*, 3-18.
- Neves, J., Santos, M., Machado, J., Abelha, A., Allegro, S., & Salazar, M. (2008). *Electronic Health Records and Decision Support Local and Global Perspectives*. Paper presented at the WSEAS International Conference on BIOMEDICAL ELECTRONICS and BIOMEDICAL INFORMATICS.
- Pereira, M., Curra, A., Rivas, R., Pereira, J., Banos, G., Teueiro, J., et al. (2007). Computer aided monitoring system of intensive care unit patients. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 4(1), 78-84.

- Pople, H. E. (1985). Evolution of an Expert System: from INTERNIST to CADUCEUS. *Artificial Intelligence in Medicine*, 179-208.
- Quinn, N. W. T., & Hanna, W. M. (2003). A decision support system for adaptive real-time management of seasonal wetlands in California. *Environmental Modelling and Software*, 18(6), 503-511.
- Quintela, H., Santos, M. F., & Cortez, P. (2007). *Real-Time Intelligent Decision Support System for Bridges Structures Behavior Prediction*. Paper presented at the EPIA, Guimarães.
- Santos, M. F. (2006). FCT: Resumo do projecto INTCare. from http://www.fct.mctes.pt/projectos/pub/2006/Painel_Result/vglobal_projecto.asp?idProjecto=72819&idElemConcurso=895
- Santos, M. F., Cortez, P., Gago, P., Silva, Á., & Rua, F. (2006a). *Intelligent decision support in Intensive Care Medicine*. Paper presented at the 2nd International Conference on Knowledge Engineering and Decision Support, Lisbon, Portugal.
- Santos, M. F., Cortez, P., Gago, P., Silva, Á., & Rua, F. (2006b). *Intelligent decision support in Intensive Care Medicine*.
- Santos, M. F., Portela, F., Vilas-Boas, M., Machado, J., Abelha, A., Neves, J. (2009). *Information Architecture for Intelligent Decision Support in Intensive Medicine*. Paper presented at the 8th WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTER & APPLIED COMPUTATIONAL SCIENCE (ACACOS '09).
- Silva, Á. (2007). *Modelos de Inteligência Artificial na análise da monitorização de eventos clínicos adversos, Disfunção/Falência de órgãos e prognóstico do doente crítico*. Universidade do Porto, Porto.
- Simon, H. A. (1960). *The New Science of Management Decision Making*. New York-Evanston.
- Sprague Jr, R. H., & Carlson, E. D. (1982). *Building Effective Decision Support Systems*: Prentice Hall Professional Technical Reference.

- Stacey, M., & McGregor, C. (2007). Temporal abstraction in intelligent clinical data analysis: A survey. *Artificial Intelligence in Medicine*, 39(1), 1-24.
- Storey, N., & Faulkner, A. (2002). *Data Management in Data-Driven Safety-Related Systems*.
- Suter, P., Armaganidis, A., Beaufile, F., Bonfill, X., Burchardi, H., Cook, D., et al. (1994). Predicting outcome in ICU patients. *Intensive Care Medicine*, 20(5), 390-397.
- Thursky, K. A., & Mahemoff, M. (2007). User-centered design techniques for a computerised antibiotic decision support system in an intensive care unit. *International Journal of Medical Informatics*, 76(10), 760-768.
- Turban, E., & Aronson, J. E. (2001). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*.
- Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems* (7 ed.): Prentice Hall.
- Vahidov, R. (2002). *Decision Station: A Notion for a Situated DSS*. Paper presented at the The Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
- Vawdrey, D. K., Gardner, R. M., Evans, R. S., Orme, J. F., Clemmer, T. P., Greenway, L., et al. (2007). Assessing data quality in manual entry of ventilator settings. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 14(3), 295-303.
- Vincent, J., Mendonça, A., Cantraine, F., Moreno, R., Takala, J., Suter, P., et al. (1998). Use of the SOFA score to assess the incidence of organ dysfunction/failure in intensive care units : Results of a multicenter, prospective study. *Critical care medicine*, 26, 1793-1800.
- Ying, Z., Silvers, C. T., & Randolph, A. G. (2007). *Real-Time Evaluation of Patient Monitoring Algorithms for Critical Care at the Bedside*. Paper presented at the Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE.
- Zhang, Y., Silvers, C. T., & Randolph, A. G. (2007). Real-time evaluation of patient monitoring algorithms for critical care at the bedside. *2007 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vols 1-16*, 2783-2786.

Créditos

Para o desenvolvimento desta dissertação foram usadas tecnologias das seguintes organizações:

Orion Health é a líder de mercado para o fluxo de trabalho clínico e tecnologia de integração para o sector de saúde.

Gateway – Orion Health's Rhapsody™:

A **Microsoft** desenvolve, fabrica, licencia, presta assistência e desenvolve consultoria de natureza tecnológica a uma vasta gama de produtos de software para uma grande variedade de dispositivos informáticos

Visual Studio 2008 – Microsoft®

A **Oracle** é um padrão nas tecnologias de Base de Dados e aplicações para empresas de todo o mundo. Líder mundial de software de gestão de informações

Base de Dados – Oracle® Data Base 11G

DataWarehouse – Oracle® Data Base 11G

SQL Developer – Oracle®

Anexos

1. Análise das Variáveis Fisiológicas

Numa fase inicial foram analisadas todas as variáveis fisiológicas monitorizadas pelo gateway. De entre as várias variáveis escolhemos aquelas que são mais importantes ou mais frequentemente monitorizadas na UCI (FC, SpO₂, PAM e PVC).

Na Tabela A1 podemos ver o número de nulos e de valores fora do intervalo de normalidade (valores médicos), que foram armazenados na Base de Dados. Tivemos como base temporal 90 dias (1 Janeiro - 31 Março). Os dados adquiridos podem ser caracterizadas da seguinte forma:

Número de doentes: 37 doentes (22 masculinos, 15 femininos);

Doentes por dia (média): 3,76;

Idade (média): 56 anos

Registos nas Base de dados: ~ 250 mil;

Tempo de Aquisição (média): Uma vez por minuto;

Número de horas de aquisição: 1412 horas em 68 dias.

Os dados referem-se apenas aos dias de acompanhamento permanente, ou seja, um internamento completo. Nos dias em que o gateway falhou (nenhum dado foi recolhido por um dia, por exemplo), nós não consideramos o doente.

Tabela A 1: Parâmetros fisiológicos monitorizados

Parâmetros Fisiológicos Monitorizados	Intervalo de Normalidade	Número de registos Omissos (nulos)			Número de registos Fora do Intervalo		
		Por Hora e doente	3 Meses	Total	Por Hora e doente	3 Meses	Total
Frequência Cardíaca (FC, ppm)	[40 -150]	1,0	5.419	2,20%	0,2	1.115	0,45%
SpO ₂	>=90	3,7	19.478	7,85%	1,8	9.402	3,79%
Pressão Arterial Média (PAM)	[60 - 140]	2,5	13.170	5,30%	2,1	11.177	4,51%
Pressão Venosa Central (PVC, mmHg)	[2 - 12]	6,6	35.049	14,15%	20,6	109.065	43,96%
Δ TA Sist – Diast	>=30	-	-	-	2,6	14.034	5,66%

Ao analisarmos a Tabela A1, podemos verificar que a CVP tem os piores valores, 58% dos valores são nulos ou encontram-se fora do intervalo. Este resultado deve ser levado em conta porque, apesar do armazenamento automático trazer vantagens temporais podem ocorrer erros de transcrição, para isso é necessário assegurar a precisão dos dados (Cunningham, et al., 1996).

As figuras A1 a A4 fornecem um olhar mais atento em cada uma das variáveis analisadas. O Histograma da Frequência Cardíaca (Figura A1) mostra uma boa distribuição dos valores, embora existam alguns valores que estão extremamente fora do intervalo normal (por exemplo, 0 ou 250).

O histograma SPO2 (Figura A2) apresenta a maioria dos valores no intervalo correcto, porém há um número interessante de valores inferiores a 10.

No histograma da Pressão Arterial (Figura A3) a situação é semelhante à anterior, ou seja, temos mais de 95% na faixa de valores normais [60-140], mas o sistema de recolhe valores entre -39 e 350.

Como discutido anteriormente, a CVP (Figura A4) apresentaram os valores com a pior qualidade, estes variam entre -40 e 360, enquanto o normal deveria ser muito menor [2-12]. Normalmente, valores maiores que 30 são atípicos, entretanto, 6% dos valores registados são superiores a este. Além disso, existem valores abaixo de -4 e um número insatisfatório de nulos.

Concluindo, os valores anormais recolhidos e apresentadas nos quatro histogramas merecem uma atenção de modo a que sejam minimizados. A má qualidade de dados afecta tanto a decisão humana como do computador "(Vawdrey, et al., 2007), de modo a seja desenvolvido sistema de apoio à decisão em tempo real, é necessário que este problema de importação e armazenamento dos dados seja superado

Para uma melhor compreensão da quantidade de valores nulos ou valores fora do intervalo, nós apresentamos um histograma (Figura A5) que mostra o total (por hora) de valores fora da normalidade na Unidade de Cuidados Intensivos.

Ao analisar o histograma (Figura A5), podemos verificar que a hora em que ocorre o maior número de valores "falsos" é às 10h e às 17h. No momento, não podemos precisar quais sejam as razões, mas estamos estudando, juntamente com os enfermeiros e os médicos algumas das possibilidades que nós encontramos.

Frequência Cardíaca

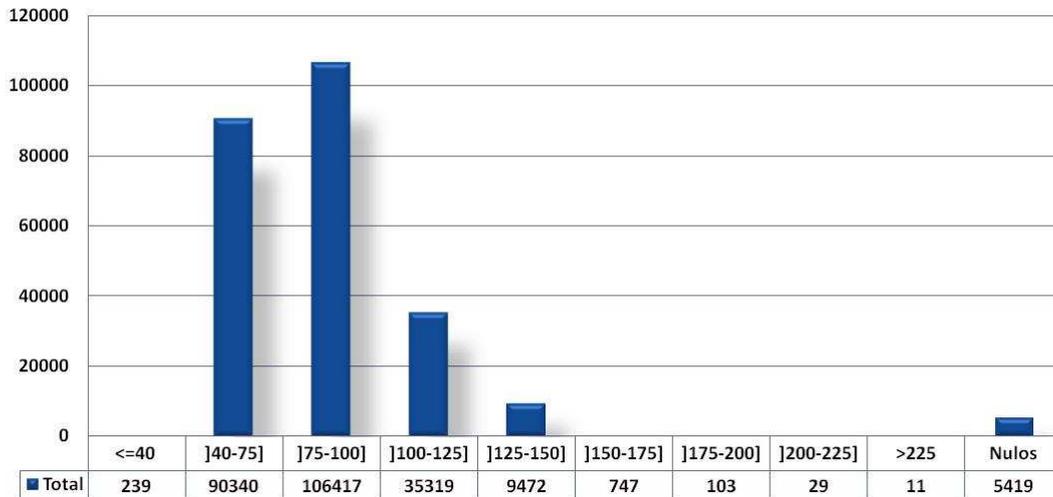


Figura A1: FC - Distribuição por classes dos valores

SpO2

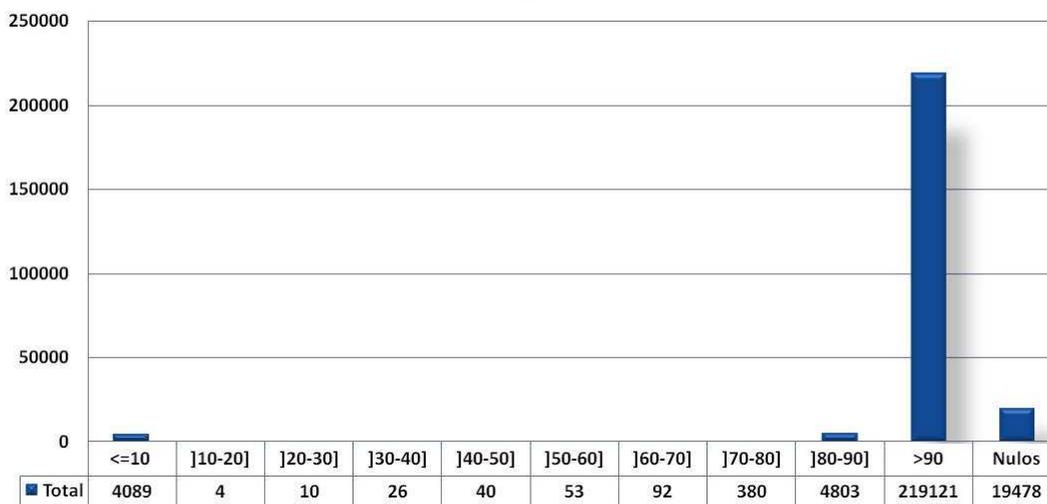


Figura A2: SpO2 - Distribuição por classes dos valores

Pressão Arterial Média

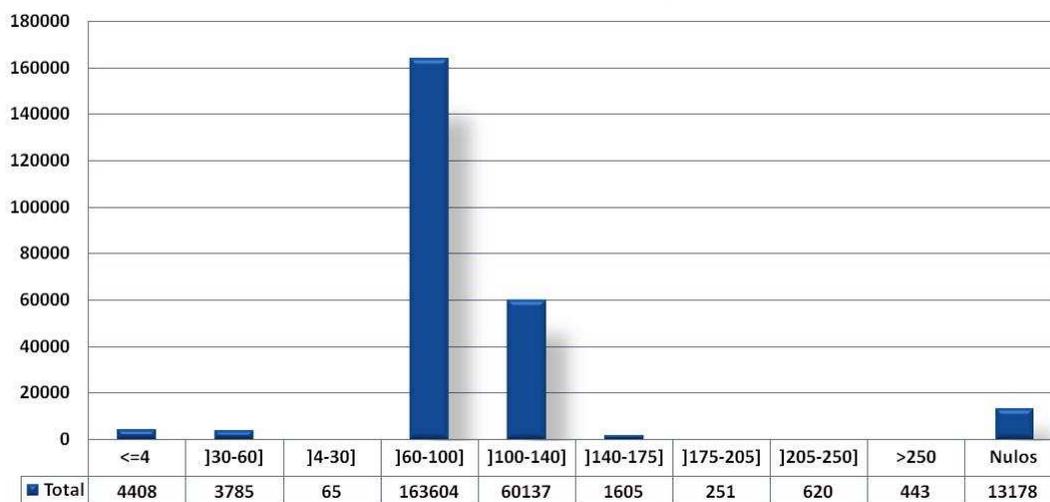


Figura A3: PAM - Distribuição por classes dos valores

Pressão Venosa Central

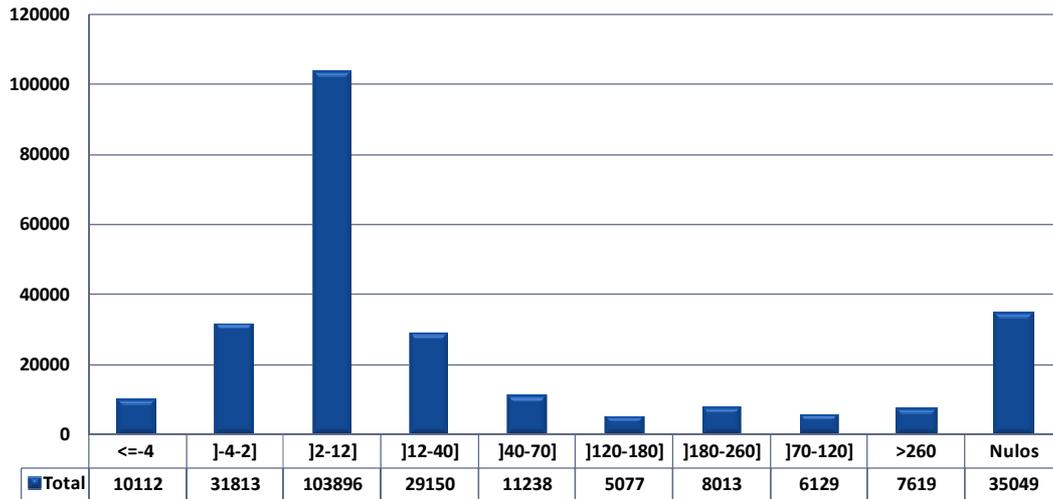


Figura A4: PVC - Distribuição por classes dos valores

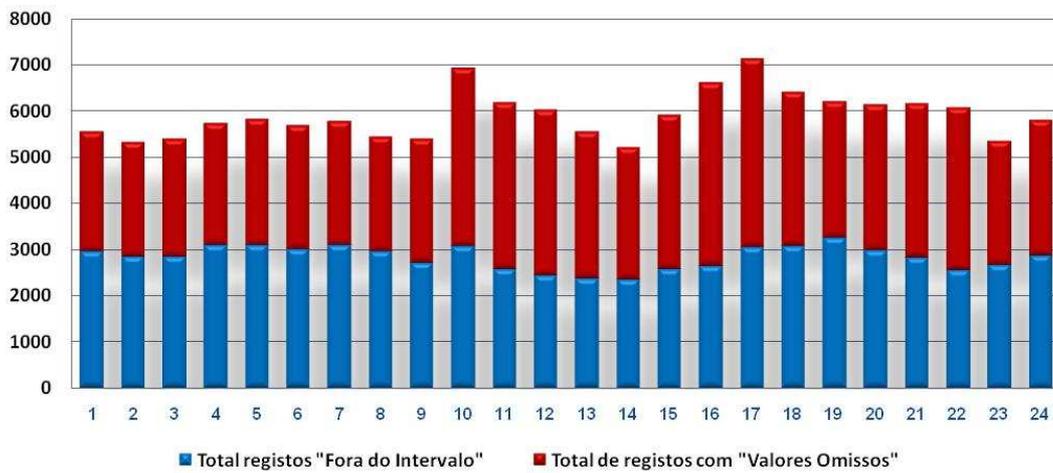


Figura A5: Análise total dos registos Fora do Intervalo e Valores Omissos