



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em

# Computação Aplicada

Mestrado Acadêmico

Murillo da Silveira Grübler

IMBEDS: Serviço Inteligente para Gerenciamento de Leitos,  
Utilizando Ciência de Situação

São Leopoldo, 2016

Murillo da Silveira Grüber

**IMBEDS: SERVIÇO INTELIGENTE PARA GERENCIAMENTO DE  
LEITOS, UTILIZANDO CIÊNCIA DE SITUAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos — UNISINOS

Orientador:

Prof. Dr. Cristiano André da Costa

São Leopoldo

2016

G885i Grüber, Murillo da Silveira  
IMBEDS : serviço inteligente para gerenciamento de  
leitos, utilizando ciência de situação / por Murillo da Silveira  
Grüber. – 2016.  
142 f.: il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Computação  
Aplicada, São Leopoldo, RS, 2016.

“Orientação: Prof. Dr. Cristiano André da Costa.”

1. Gerenciamento de leitos. 2. Admissão de pacientes. 3. Redes  
neurais (Computação). 4. Teoria do valor multiatributo.  
5. Informática na medicina. Título.

CDU: 004:61

Murillo da Silveira Grübler

IMBEDS: Serviço Inteligente para Gerenciamento de Leitos, Utilizando Ciência de Situação

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 19 de agosto de 2016.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky - UCS

---

Prof. Dr. Sandro José Rigo - UNISINOS

---

Prof. Dr. Cristiano André da Costa - UNISINOS

Prof. Dr. Cristiano André da Costa (Orientador)

Prof. Dr. Sandro José Rigo  
Coordenador PPG em Computação Aplicada



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, devo agradecer aos meus pais pelo suporte, educação e incentivo que fizeram com que eu chegasse onde estou agora.

À minha esposa, pelo auxílio e apoio incondicional nesta difícil jornada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PIPCA- por acreditar e apoiar a realização deste trabalho de pesquisa.

Ao meu orientador, prof. Dr. Cristiano André da Costa, por todo apoio, conhecimento, orientação e incentivo.

Ao Hospital Mãe de Deus em Porto Alegre, que permitiu a realização desta pesquisa em suas instalações, contribuindo, dessa forma, para o desenvolvimento da pesquisa científica na área da gestão de leitos.

À Suzana Pires de Oliveira, coordenadora da Central de Leitos do Hospital Mãe de Deus, pelo auxílio no processo de desenvolvimento e avaliação deste trabalho no hospital, através da descrição de todo o processo de internação.

Aos professores, Dr. Sandro José Rigo, Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky e Dr. Rodrigo da Rosa Righi, pelos conselhos no aprimoramento deste trabalho.

Aos demais professores do PIPCA e funcionários do Hospital Mãe de Deus, que colaboraram de forma direta ou indireta na execução desta dissertação.

Obrigado a todos!



## RESUMO

O Gerenciamento de Leitos é uma importante área de planejamento e controle hospitalar. Sua função é garantir o equilíbrio entre os pacientes que chegam através do setor de emergência, os eletivos que possuem algum tratamento agendado e aqueles que saem do hospital. Dessa forma, esse gerenciamento possibilita manter alta a taxa de ocupação dos quartos, mas sem realmente lotá-los, além de prever qualquer situação não planejada. A gestão eficaz de leitos hospitalares como recurso sempre foi um desafio para os gestores. Nas décadas de 80 e 90, por exemplo, milhares de pacientes tiveram operações canceladas em virtude de razões não médicas. Como há necessidade de um melhor controle do fluxo, a área de Gerenciamento de Leitos começou, então, a receber mais atenção acadêmica e também políticas nacionais para a sua gestão. O processo de admissão e posicionamento de enfermos, a partir do Gerenciamento de Leitos, vem se desenvolvendo nos últimos anos através de diversas técnicas de pesquisa operacional, tais como simulação, teoria de filas, análise estatística, entre outras. Devido às constantes incertezas vividas pelos hospitais atualmente, o uso do modelo cognitivo Ciência de Situação em pesquisas científicas na área da saúde vem crescendo cada vez mais. A Ciência de Situação é uma área de estudo que busca compreender o contexto dos ambientes e projetar ações futura. Em suma, é uma técnica que vai além do tradicional processamento de informações, visto que procura explicar o comportamento humano na operação de sistemas complexos. Nessa assertiva, este trabalho tem como objetivo utilizar a Ciência de Situação na área de Gerenciamento de Leitos, usando um modelo híbrido que une a técnica de Rede Neural Artificial *Multilayer Perceptron* com a Teoria do Valor Multiatributo para tomada de decisão, auxiliando gestores no processo de atribuição de pacientes em leitos adequados ao seu tratamento. Através da implementação de um protótipo baseado neste modelo híbrido de apoio à decisão, nomeado de IMBEDS, foram avaliados 50 pacientes em um total de 266 leitos gerenciados pela Central de Leitos, no Hospital Mãe de Deus, localizado em Porto Alegre. O resultado final dos testes foi de 93,5% de similaridade entre o leito apto apresentado pelo modelo e o processo real de alocação dos enfermos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Leitos. Ciência de Situação. Admissão de Pacientes. Rede Neural Artificial. Teoria do Valor Multiatributo. Informática Médica.



## ABSTRACT

The Bed Management is an important area of planning and control hospital. It's function is to ensure the balance between the patients who come through the emergency department, elective that have some scheduled treatment and those leaving the hospital. Thus, the Bed Management enables the hospital keep high occupancy rate of rooms, but without fill all the beds, in addition to providing any unplanned situation. Effective management of hospital beds as a resource has always been a challenge for managers. In the 80s and 90s, for example, thousands of patients have operations canceled due to non-medical reasons. As there is need for better control of the flow, Bed Management area then began to receive more academic attention and also policies national for the Bed Management. The process of admission and positioning the patients, from the management of beds, has been developing in recent years through of operational research, such as simulation, queuing theory, statistical analysis, among others. Due to the uncertainties experienced by hospitals nowadays, the use of model Situation Awareness in research in the health field is growing increasingly. Situation Awareness is a field of study that seeks to understand the context of the environment and designing future actions. In short, it is a technique that goes beyond the traditional information processing, as it seeks to explain human behavior in the operation of complex systems. In this statement, this work aims to use the Situation Awareness in Bed Management area, using a hybrid model that combines the technique Artificial Neural Network Multilayer Perceptron with the Multi-Attribute Value Theory for decision making, assisting managers in process of patient's allocation to the bed suitable in his treatment. Through the implementation of a prototype based on this hybrid model of decision support, named of IMBEDS, were evaluated 50 patients in a total of 266 beds managed by Beds Center, in the Hospital Mãe de Deus, located in Porto Alegre. The final result of the tests was 93.5% similarity between the bed apt selected by the model and the allocation process of the patients.

**Keywords:** Bed Management. Situation Awareness. Patient admission. Artificial Neural Network. Multi-Attribute Value Theory. Medical Informatics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de citações contendo o termo Situational Awareness em títulos ou resumos no repositório digital de trabalhos científicos da área médica chamado de PubMed Central .....	24
Figura 2: Visão geral conceitual da jornada do paciente no hospital .....	30
Figura 3: Internações e altas por hora do dia em um hospital .....	31
Figura 4: Interação entre níveis do modelo de Endsley.....	33
Figura 5: a) Representa o neurônio. b) Mecanismo de transferência entre dois neurônios.....	36
Figura 6: Relação entre a rede neural biológica e artificial .....	37
Figura 7: Visão geral de um modelo RNA Multilayer Perceptron.....	38
Figura 8: Visão geral do funcionamento da rede MLP .....	38
Figura 9: Função logística sigmoidal .....	39
Figura 10: Estrutura arborescente para critérios de um modelo multicritério.....	43
Figura 11: Estrutura da mensagem SOAP.....	46
Figura 12: Sintaxe da mensagem SOAP em XML.....	47
Figura 13: Fluxo hospitalar do estudo empírico .....	51
Figura 14: Valor de cada regra correspondente às políticas de admissão do hospital.....	55
Figura 15: Arquitetura geral do modelo IMBEDS .....	70
Figura 16: Representação da arquitetura utilizado na técnica RNA.....	71
Figura 17: Funcionamento da Camada de Entrada.....	72
Figura 18: Diagrama de atividades da Camada de Entrada.....	73
Figura 19: Os parâmetros que o IMBEDS precisa receber e os seus respectivos tipos .....	73
Figura 20: Retorno da Camada de Alocação em XML .....	77
Figura 21: Critérios utilizados pela MAVT do modelo IMBEDS.....	78
Figura 22: Processo de ordenação de leitos pela MAVT .....	79
Figura 23: Representação da arquitetura utilizada na técnica MAVT.....	80
Figura 24: Processo de capacitação do modelo IMBEDS .....	81
Figura 25: Visão geral do funcionamento do IMBEDS com outros dispositivos .....	82
Figura 26: Fluxo utilizado pelo IMBEDS para selecionar o leito adequado de acordo com os contextos do paciente e hospital .....	83
Figura 27: Solução técnica utilizada no desenvolvimento do modelo IMBEDS .....	85

Figura 28: Diagrama de classes do IMBEDS.RNA .....	86
Figura 29: Classes DTO do componente IMBEDS.RNA .....	87
Figura 30: Representação da RNA utilizado no IMBEDS .....	88
Figura 31: Classes DTO do componente IMBEDS.MAVT .....	89
Figura 32: Interface do contrato de serviço do IMBEDS.Service .....	90
Figura 33: Interface do contrato de serviço do IMBEDS.Temp.Hospital .....	91
Figura 34: Estrutura XML para o armazenamento de informações dos pacientes testados .....	92
Figura 35: Interface web IMBEDS.Web em um Nexus 5 .....	93
Figura 36: Tela de Treinamento Manual no componente IMBEDS.Web .....	94
Figura 37: Tela de Treinamento Automático no componente IMBEDS.Web .....	95
Figura 38: Tela do protótipo no componente IMBEDS.Web .....	96
Figura 39: Representação do algoritmo usado pelo IMBEDS.Convert.File.Database .....	97
Figura 40: Lista de acomodações advindas de um arquivo XML .....	98
Figura 41: Representação do algoritmo utilizado pelo IMBEDS.Set.Parameters .....	98
Figura 42: Tela do componente de Gerenciamento de Leitos, construído para auxiliar no processo de avaliação do modelo IMBEDS .....	99
Figura 43: Modal utilizada para alterar as informações contextuais do leito hospitalar .....	100
Figura 44: Modelo DER utilizado pela técnica MAVT .....	101
Figura 45: Modelo de entidade relacionamento utilizado pelo modelo IMBEDS .....	102
Figura 46: Imagem institucional do HMD para informar as especialidades de seus leitos .....	103
Figura 47: Fluxo hospitalar do HMD no processo de atribuição de leitos .....	105
Figura 48: Perguntas do questionário exibidas no protótipo IMBEDS.Web para o participante da pesquisa após a execução do modelo .....	108
Figura 49: Resultado final do Modelo apresentado em dias .....	110
Figura 50: Resultado final do Modelo, somando todos os dias .....	111



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de descritores e seus níveis de impacto em um critério .....	44
Tabela 2: Exemplo de descritores e seus níveis de impacto em um critério com suas funções valor .....	44
Tabela 3: Lista com os principais fatores que determinam prioridade dos pacientes no hospital .....	50
Tabela 4: Definição de atributos e níveis usados para priorizar pacientes .....	50
Tabela 5: Valor de cada regra correspondente às políticas de admissão do hospital .....	53
Tabela 6: Resultado dos testes entre o algoritmo VND e o TR .....	57
Tabela 7: Critério, tipo de critério a que pertence e valor padrão da restrição correspondente às políticas de admissão do hospital .....	58
Tabela 8: Comparação entre os trabalhos sobre Gerenciamento de Leitos .....	66
Tabela 9: Exemplo de alguns valores enviados para a Camada de Entrada RNA .....	75
Tabela 10: Exemplo de alguns valores enviados para a Camada de Entrada convertidos para dados do tipo 'intervalar' .....	75
Tabela 11: Exemplo de alguns valores enviados para o modelo IMBEDS .....	95
Tabela 12: Perguntas do questionário voltadas ao participante da pesquisa .....	107
Tabela 13: Resultado do treinamento da RNA com diferentes configurações .....	109
Tabela 14: Resultado final do modelo com o total das respostas positivas .....	109
Tabela 15: Resultado final do modelo em percentual (%) .....	109
Tabela 16: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos selecionados pelo modelo, que embora aptos a receber o paciente, os mesmos foram alocados para outro quarto .....	112
Tabela 17: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos considerados inapropriados na seleção do modelo .....	112
Tabela 18: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos selecionados pelo modelo, cuja escolha foi similar ao processo real de alocação .....	113
Tabela 19: Comparação dos trabalhos relacionados com o modelo IMBEDS .....	116



## LISTA DE ABREVIATURAS

N/A not available



## LISTA DE SIGLAS

ADMC	Análise de Decisões com Múltiplos Critérios
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CTI	Centro de Tratamento e Terapia Intensiva
DTO	Data Transfer Object
EP	Entrada Paciente
GPL	General Public License
HMD	Hospital Mãe de Deus
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IC	Informações Complementares
ILP	Integer Linear Programming
IMBEDS	Intelligent Management Beds
JCI	Joint Commission International
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
MAPE	Mean absolute percentage error
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
MLP	Multilayer Perceptron
MVC	Model-view-controller
ONA	Organização Nacional de Acreditação
PASU	Patient Admission Scheduling Uncertainty
PSG	Polissonografia
RNA	Rede Neural Artificial
SA	Situational Awareness
SGBD	Sistema de gerenciamento de banco de dados
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
SSMD	Sistema de Saúde Mãe de Deus

SUS	Sistema Único de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCUI	Termo de Cessão de Uso de Informações
UCE	Unidade de Cuidados Especiais
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
URL	Uniform Resource Locator
URI	Uniform Resource Identifier
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo
W3C	World Wide Web Consortium
WCF	Windows Communication Foundation
XML	eXtensible Markup Language



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
1.1 Motivação .....	24
1.2 Questão de pesquisa .....	25
1.3 Objetivos .....	26
1.4 Estrutura do texto .....	27
<b>2 GERENCIAMENTO DE LEITOS E CIÊNCIA DE SITUAÇÃO</b> .....	<b>29</b>
2.1 Gerenciamento de leitos.....	29
2.1.1 O processo de Gerenciamento de Leitos.....	29
2.1.2 Processo de admissão/atribuição e padrão de atividades.....	30
2.2 Ciência de Situação .....	32
2.3 Ciência do Contexto.....	33
2.4 Redes Neurais Artificiais .....	35
2.4.1 Neurônio biológico.....	36
2.4.2 Rede Neural Artificial Multilayer Perceptron .....	37
2.4.3 Backpropagation .....	40
2.5 Apoio multicritério à decisão .....	41
2.5.1 Teoria do Valor Multiatributo .....	42
2.5.2 Critérios e Descritores.....	42
2.5.3 Função Valor .....	44
2.5.4 Taxa de Substituição .....	45
2.6 Serviços Web .....	45
2.6.1 Comunicação via SOAP .....	45
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>49</b>
3.1 An Application of Multi-Attribute Value Theory to Patient-Bed Assignment in Hospital Admission Management: an Empirical Study .....	49
3.2 A hybrid tabu search algorithm for automatically assigning patients to beds .....	52
3.3 Modeling and solving the dynamic patient admission scheduling problem under uncertainty .....	58
3.4 Analisis of hospital bed capacity via queuing theory and simulation.....	62
3.5 Comparação entre os trabalhos relacionados .....	63
3.6 Oportunidade de pesquisa .....	65
<b>4 MODELO IMBEDS</b> .....	<b>69</b>
4.1 Arquitetura proposta.....	69
4.2 Alocação de leitos com Redes Neurais Artificiais.....	70
4.2.1 Camada de Entrada .....	71
4.2.2 Camada de Admissão .....	74
4.2.3 Camada de Alocação .....	76
4.2.4 Camada de Treinamento.....	77
4.3 Alocação de leitos com Teoria do Valor Multiatributo .....	78
4.4 Funcionamento do Modelo Híbrido .....	81
<b>5 IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>85</b>
5.1 IMBEDS.RNA.....	85
5.2 IMBEDS.MAVT .....	88
5.3 IMBEDS.Service.....	89
5.4 IMBEDS.Temp.Hospital.....	91
5.5 IMBEDS.Web .....	93
5.5.1 Módulo Treinamento Manual.....	94
5.5.2 Módulo Treinamento Automático .....	94

5.5.3 Módulo Protótipo .....	95
<b>5.6 IMBEDS.Convert.File.Database .....</b>	<b>96</b>
<b>5.7 IMBEDS.Set.Parameters .....</b>	<b>97</b>
<b>5.8 IMBEDS.Bed.Management.....</b>	<b>98</b>
<b>5.9 Base de dados .....</b>	<b>99</b>
<b>6 AVALIAÇÃO .....</b>	<b>103</b>
<b>6.1 Hospital Mãe de Deus .....</b>	<b>103</b>
6.1.1 Processo de alocação na Central de Leitos.....	104
6.1.2 Categorias de Leitos .....	104
<b>6.2 Metodologia .....</b>	<b>106</b>
<b>6.3 Resultados .....</b>	<b>107</b>
<b>6.4 Discussão.....</b>	<b>110</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>115</b>
7.1 Contribuições .....	115
7.2 Trabalhos futuros .....	117
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO A - TEMPLATE DO ARQUIVO DE TREINAMENTO DO IMBEDS .....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO B - TEMPLATE DO ARQUIVO RECEBIDO COM O HISTÓRICO DE INTERNAÇÕES .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO C - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP UNISINOS .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO D - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP HMD .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO F - TERMO DE CESSÃO DO USO DE INFORMAÇÕES (TCUI).....</b>	<b>141</b>



## 1 INTRODUÇÃO

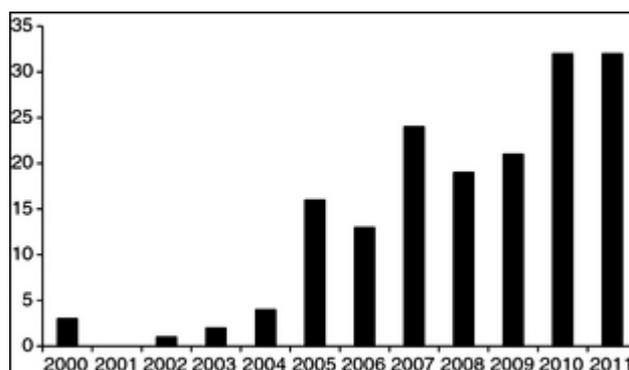
Nas últimas décadas, gestores de hospitais vêm estudando formas de melhorar o uso dos recursos hospitalares e, simultaneamente, manter a taxa de ocupação dos leitos alta, sem criar filas de espera ou tumultos na área de emergência, visto que ambientes hospitalares são caracterizados pela incerteza dinâmica. Na década de 90, surgiu uma área de estudo chamada Gerenciamento de Leitos, com o objetivo de gerenciar todo o processo do paciente no hospital. Tal processo abrange a admissão do paciente, o quarto em que ficará internado, o tempo da estadia e a alta. Cada etapa deste processo é independente e exige muitos cuidados pelos gestores. Um médico inexperiente, por exemplo, pode vir a admitir um paciente que poderia ter apenas um tratamento domiciliar; ou um paciente poderia ser alocado em um leito que não correspondesse à sua real necessidade; ou, ainda, um paciente poderia permanecer internado mais tempo do que o necessário devido ao processo de alta não ser organizado. Nos últimos anos, foram publicados diversos trabalhos que buscaram soluções, através da pesquisa operacional e tecnologia da informação, para um maior controle e gestão de leitos (MATOS; RODRIGUES, 2011). Por outro lado, outros modelos baseados no uso da Ciência de Situação também vêm crescendo nessa área (FORE; SCULLI, 2013).

No final da década de 80, Mica R. Endsley propôs um novo modelo para aumentar a segurança na operação de sistemas críticos, conhecido como Ciência de Situação, em inglês *Situational Awareness* (SA) (ENDSLEY; JONES, 2013). O modelo propunha obter os elementos do ambiente, compreendê-los e projetar ações futuras. Dividido em três níveis (percepção, compreensão e projeção), esse modelo possibilita que um indivíduo mantenha uma representação interna adequada do estado e do meio em domínios complexos e dinâmicos, permitindo, assim, a projeção de ações futuras (ENDSLEY, 1988). Embora antigo, o modelo ainda é utilizado em muitas áreas da ciência como modelo cognitivo, atuando em qualquer domínio que envolva seres humanos, como por exemplo, em operações militares, aviação, controle de tráfego aéreo, automotivo e ambiental (PANTELI; KIRSCHEN, 2015).

Em ambientes hospitalares, há uma grande necessidade de otimizar a utilização de recursos (leitos, funcionários, equipamentos eletrônicos). Nessa perspectiva, é preciso que haja conhecimento desses recursos e o estado dos enfermos em “tempo real”. Com a Ciência de Situação, é possível gerenciar a estadia do paciente e conhecer o seu estado atual, por meio de prontuários eletrônicos ou de dispositivos de monitoramento de sinais vitais. Nesse ínterim, os problemas são previstos com antecedência e, conseqüentemente, agiliza-se o planejamento e a tomada de decisão (MOORE; SHARMA, 2013). O uso do modelo cognitivo em pesquisas científicas na área da saúde vem crescendo nos últimos anos (FORE; SCULLI, 2013), como mostra a Figura 1. Esse modelo auxilia a equipe médica a analisar e compreender erros de diagnósticos (Singh et al. 2012), bem como os gestores de hospitais a utilizar de forma mais eficiente os recursos hospitalares em situações de emergência (IRESON, 2009).

No decorrer dos últimos anos, vários trabalhos foram publicados unindo a Ciência de Situação e o Gerenciamento de Leitos na área de admissão de pacientes, focando no setor de admissão, abordado no capítulo 3.

**Figura 1: Distribuição de citações contendo o termo *Situational Awareness* em títulos ou resumos no repositório digital de trabalhos científicos da área médica chamado de PubMed Central.**



Fonte: Fore e Sculli, 2013.

## 1.1 Motivação

A área de Gerenciamento de Leitos constitui uma parte fundamental da gestão de um hospital, responsável pelo planejamento e controle dos pacientes. O objetivo é maximizar a utilização dos recursos e evitar sobrecarga no hospital (PROUDLOVE et al., 2003). Entre 1999 e 2009, o número de visitas ao serviço de emergência cresceu 32% nos Estados Unidos, gerando em alguns hospitais sobrecarga de pacientes, aumentando, conseqüentemente, o tempo de espera para casos menores e, por vezes, para problemas graves, tais como o infarto do miocárdio (HING; BHUIYA, 2012).

A superlotação de pacientes no hospital advindos da área da emergência é algo sério. Ocorre com frequência nos hospitais e gera estresse em equipes médicas (TEOW et al., 2012). Contudo, o problema não é resolvido simplesmente fechando a emergência para a chegada de ambulâncias ou aumentando o número de recursos como médicos, enfermeiros, leitos. O problema pode ser resolvido com uma política hospitalar que permita o gerenciamento inteligente dos recursos através de um responsável que verifique e gerencie a sua utilização (DICKINSON, 1989). Segundo o National Audit Office (2000), no início de 2000, alocar pacientes prontamente em leitos adequados para o seu tratamento tornou-se mais desafiador e complexo devido ao aumento da ocupação global em hospitais com uma demanda elevada e variável para a admissão de emergência.

Nos últimos anos, diversos artigos sobre simulação, teoria das filas, apoio multicritério à decisão e estatística foram produzidos para a área de gestão de leitos, buscando evitar perdas de recursos em hospitais e aumentar a disponibilidade de leitos (GRIFFITHS et al., 2006; De BRUIN et al., 2007; BARADO et al., 2012; GRIFFITHS et al., 2013; ABO-HAMAD e

ARISHA, 2013; KEMBE et al., 2014). Porém, segundo Tako e Robinson (2014), o desenvolvimento de simulações na área da saúde é mais complexo que em outras áreas, devido à estrutura menos evidente, menor acesso a dados, menor tempo com o cliente, maior resistência à mudança, entre outros. Boyle et al. (2012) testaram diversos modelos, comparando-os com cinco anos de dados históricos em vinte e sete hospitais para determinar o erro médio denominado de *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) na previsão de admissões. Concluíram que quanto mais preciso o modelo tentasse ser, maior seria a taxa de erro, chegando a 50% na previsão de chegada por hora.

Conforme Moore e Sharma (2013), hospitais são caracterizados pela incerteza dinâmica, já que precisam acomodar pacientes eletivos e emergências de várias especialidades em um conjunto amplo de departamentos com diversas restrições. Nesse ínterim, os autores introduzem o uso da Ciência de Situação com sistemas sensíveis ao contexto na gestão de pacientes por utilizar as informações contextuais captadas no apoio à tomada de decisão.

A Ciência de Situação aplicada à saúde cresceu muito na última década (FORE; SCULLI, 2013). Métodos de engenharia cognitiva permitem a análise de ambientes de trabalho complexos, tais como os cuidados de saúde e o departamento de emergência, permitindo que o hospital elabore estratégias para melhoria do processo de atendimento (GUARRERA et al., 2014).

Como a admissão de pacientes é uma atividade-chave na gestão de leitos, foram buscados alguns trabalhos que unissem as duas áreas de pesquisa, o Gerenciamento de Leitos e a Ciência de Situação. Os trabalhos encontrados são apresentados no Capítulo 3. Embora todos os trabalhos relacionados façam uso das informações contextuais dos pacientes e do hospital, nenhum deles gerencia uma lista de espera de pacientes da emergência e pacientes agendados, utilizando um modelo híbrido em que as técnicas atuem em conjunto no processo de seleção do leito. Nessa perspectiva, este trabalho propõe-se a preencher essa lacuna, criando um modelo híbrido que utilize duas técnicas em conjunto no processo de alocação de pacientes em leitos hospitalares, utilizando-se de informações contextuais dos enfermos e dos quartos.

## 1.2 Questão de pesquisa

Hospitais vivem em constante incerteza. Nesse sentido, conforme Gorunescu et al. (2002), é necessário manter a taxa de ocupação entre 85% a 90% dos leitos para não haver desperdício de recursos e não comprometer qualquer situação de emergência. Nessa perspectiva, segundo Kusters e Groot (1996), o gerenciamento na admissão de pacientes é uma atividade-chave em um hospital, visto que permite que haja um equilíbrio entre a demanda diária de pacientes e a disponibilidade escassa de leitos. O processo de alocação pode ser realizado em três diferentes níveis: estratégico, tático ou operacional (VISSERS et al., 2007).

Nessa assertiva, diversas técnicas já foram criadas e testadas a fim de avaliar o melhor desempenho na área de Gerenciamento de Leitos a nível estratégico e tático. Matos e

Rodrigues (2011) identificaram alguns estudos que avaliavam o uso de sistemas de apoio à decisão aplicado ao Gerenciamento de Leitos e, assim, destacaram duas abordagens diferentes na área. A primeira é baseada no uso da matemática para apoiar o planejamento e alocação de leitos hospitalares; e a segunda consiste na utilização de tecnologias da informação para apoiar o paciente em sua estadia. Contudo, segundo Boyle et al. (2012), modelos preditivos que apoiam o planejamento de internação dos pacientes em departamento de emergência a nível estratégico apresentam uma taxa de erro maior que 50% quando o modelo tenta prever a admissão de pacientes por hora.

A nível operacional, existem modelos que propõem alocar pacientes em leitos adequados, utilizando a Ciência de Situação. Entretanto, nenhum trabalho considera atribuir pacientes eletivos e não eletivos utilizando um modelo híbrido com duas técnicas que atuam em conjunto na seleção do leito hospitalar. Para tanto, este estudo está centrado na seguinte questão de pesquisa:

- *Como encontrar o leito adequado para o tratamento do paciente eletivo ou não eletivo utilizando a Ciência de Situação para a tomada de decisão em um modelo híbrido, baseado em uma Rede Neural Artificial Multilayer Perceptron com a Teoria do Valor Multiatributo?*

Nessa assertiva, este estudo aborda a área de Gerenciamento de Leitos utilizando a Ciência de Situação como fonte para a tomada de decisão a nível operacional e um sistema híbrido que possui uma Rede Neural Artificial (RNA) *Multilayer Perceptron* (MLP) (BASHEER; HAJMEER, 2000) com o método de apoio à decisão Teoria do Valor Multiatributo (MAVT) (GOMES et al., 2004). Buscou-se, nesta pesquisa, uma nova alternativa para a gestão eficaz de pacientes com uma aceitabilidade maior.

Há benefício na utilização do algoritmo Rede Neural Artificial *Multilayer Perceptron* no modelo, visto que o mesmo apresenta menor exigência estatística no seu desenvolvimento; possui uma série de equações matemáticas que simulam o processo biológico de aprendizado e memorização associando padrões; e necessita apenas de um treinamento prévio (TU, 1996). Já o método Teoria do Valor Multiatributo, contribui como um método de apoio utilizado para resolver complexos problemas de decisão; é capaz de inserir diferentes “pesos” para os contextos em diferentes casos; e equilibra os critérios no processo de decisão do leito (BELTON; STEWARD, 2002).

### **1.3 Objetivos**

Esta pesquisa objetiva propor um modelo híbrido que utilize a técnica cognitiva Ciência de Situação para auxiliar a tomada de decisão do gestor, informando-lhe o leito ideal para alocação do paciente, utilizando-se, para tanto, de informações contextuais do próprio paciente e também do hospital. Essa decisão costuma representar um processo crítico no hospital devido às limitações de recursos. As técnicas RNA e MAVT foram combinadas,

visto que houve necessidade de associar padrões de informações do paciente com as regras dinâmicas de alocação em leitos hospitalares.

Quando a Rede Neural Artificial *Multilayer Perceptron* seleciona um leito que está bloqueado ou o paciente não pode acessar devido a alguma restrição do hospital, o método Teoria do Valor Multiatributo é executado, levando em consideração tais regras para entregar ao gestor um resultado final. Nesse ínterim, o modelo proposto, nesta pesquisa, possui outros objetivos importantes:

- Contribuir cientificamente com um novo modelo que utilize a Ciência de Situação para selecionar leitos adequados à pacientes eletivos e não eletivos dos hospitais, utilizando informações contextuais do enfermo e da instituição de saúde;
- Disponibilizar o modelo em forma de serviço para utilização em qualquer dispositivo hospitalar de gerenciamento técnico dos quartos.

#### **1.4 Estrutura do texto**

Este trabalho está organizado em sete capítulos que descrevem o processo de pesquisa e a criação do modelo. O capítulo 1 descreve, de uma maneira introdutória, o assunto, as questões de pesquisa e os objetivos. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre o Gerenciamento de Leitos e Ciência de Situação, desenvolvendo conceitos e técnicas utilizadas na seleção do leito. O capítulo 3 descreve os trabalhos existentes nas áreas abordadas nesta pesquisa. O capítulo 4 explica como o modelo do projeto foi construído, descrevendo com detalhes a arquitetura e o funcionamento. O capítulo 5 detalha as tecnologias utilizadas na construção do modelo e do ambiente para a realização da avaliação. O capítulo 6 descreve o atual processo de gestão de leitos no hospital estudado, a metodologia aplicada e os resultados obtidos. Por fim, o capítulo 7 apresenta as contribuições científicas obtidas nesta pesquisa.



## **2 GERENCIAMENTO DE LEITOS E CIÊNCIA DE SITUAÇÃO**

Os temas percorridos neste trabalho são apresentados neste capítulo. Primeiramente, aborda-se a área de Gerenciamento de Leitos em um determinado hospital, explicando sua importância e seus campos de atuação. Após, explica-se a Ciência de Situação e sua contribuição para este trabalho. O capítulo é finalizado com a descrição das técnicas e das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do modelo de alocação de pacientes em leitos hospitalares.

### **2.1 Gerenciamento de leitos**

Gerenciamento de Leitos é uma área da gestão da enfermagem que se expandiu consideravelmente na última década. Ela possui importante papel no processo do hospital quanto à acomodação dos pacientes provenientes do Serviço de Urgência e Emergência, sem comprometer a demanda eletiva (BOADEN et al., 1999). No final da década de 90, cerca de 57 mil pacientes tiveram operações canceladas por hospitais ingleses devido a razões não médicas, segundo o National Audit Office (2000). Além disso, cerca de 20 por cento dos pacientes da emergência esperaram mais de duas horas para serem admitidos pelo hospital. A falta de leitos resulta no cancelamento de cirurgias eletivas, no atraso da admissão de pacientes com urgência médica e na alocação dos mesmos em leitos inapropriados.

O Gerenciamento de Leitos abrange desde o desenvolvimento de sistemas, monitoramento e planejamento da ocupação hospitalar à elaboração de processos operacionais de admissão e alta. Com ele, é possível melhorar o controle da agenda, minimizar o trabalho e maximizar recursos.

#### **2.1.1 O processo do Gerenciamento de Leitos**

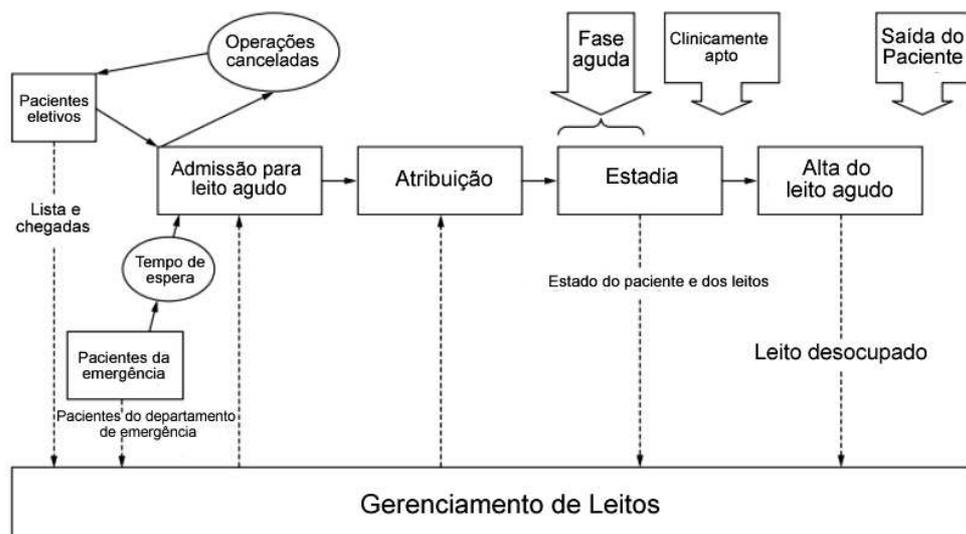
De acordo com Boaden et al. (1999), o Gerenciamento de Leitos está envolvido em todas as fases do paciente em um hospital. Inicia pela admissão, passa para a alocação e acompanhamento da estadia e finaliza na alta, conforme a Figura 2.

A primeira fase, denominada de admissão, acontece na chegada do paciente ao hospital, que possui duas portas de entrada. A primeira é pelo setor de emergência, onde o paciente pode chegar a qualquer minuto do dia; e a segunda entrada é composta por pacientes denominados eletivos, isto é, pessoas que possuem algum tratamento ou cirurgia agendada. Após a admissão, o enfermo precisa ser inserido em um leito hospitalar, o que corresponde à segunda fase do Gerenciamento de Leitos, a atribuição. Nessa fase, define-se qual o melhor leito para o paciente. A seguir, o paciente entra na terceira fase, que é a estadia. Nesse período, o paciente consome recursos e tempo do hospital até sua alta, última fase do

gerenciamento. A alta é a fase mais crítica, pois, se o paciente não tiver meios para voltar para casa, ele continuará a ocupar o leito mesmo após a alta médica (COMMISSION, 1992).

Nesse ínterim, o papel do gestor de leitos é fundamental para as organizações hospitalares, visto que proporciona maior visibilidade na busca de soluções para superar as demandas conflitantes de procedimentos planejados e a imprevisibilidade das admissões de emergência (NAIRN, 2003). Dessa forma, este trabalho focou-se no processo de atribuição de pacientes eletivos e não eletivos no sistema.

**Figura 2: Visão geral conceitual da jornada do paciente no hospital.**



Fonte: adaptado de Boaden et al., 1999.

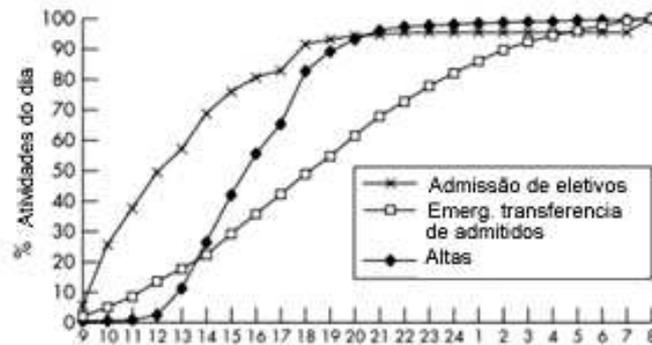
### 2.1.2 Processo de admissão/atribuição e padrões de atividades

Para compreender o Gerenciamento de Leitos, é necessário entender o padrão de oferta e demanda por leitos. Pacientes eletivos são indivíduos que necessitam de tratamentos médicos não urgentes e aguardam a data agendada para o tratamento. São principalmente tratamentos cirúrgicos para substituição, por exemplo, prótese de quadril; e também tratamentos médicos, por exemplo, quimioterapia. Tais tratamentos são marcados com antecedência, e os pacientes são internados em enfermarias um dia antes de seu tratamento. Já os pacientes não eletivos ou de emergência são indivíduos que vão ao hospital por algum problema de saúde, desde um resfriado até um grave acidente, entrando pela área de emergência. Os dois tipos de pacientes consomem os mesmos recursos hospitalares. Todavia, para a área da emergência, é mais complicado prever a alta demanda (LANE et al., 2000).

Em grande parte dos hospitais, o pico advindo da emergência e internações eletivas dá-se no início da semana; enquanto os picos de altas ocorrem no final da semana. Muitos pacientes eletivos são trazidos para o atendimento planejado durante o final de semana, sobrando

poucos leitos durante a segunda-feira, causando atrasos na ala de emergência. O impacto do final de semana persiste até quarta ou quinta-feira. Os padrões de atividades são claramente cíclicos e os leitos disponíveis são muitas vezes insuficientes. Domingo é o dia que possui mais pacientes em quartos; e segunda-feira é o dia que possui mais pacientes em espera (PROUDLOVE et al., 2003).

**Figura 3: Internações e altas por hora do dia em um hospital.**



Fonte: adaptado de Proudlove et al., 2003.

Internações eletivas ocorrem das 18h às 8h da manhã do dia seguinte. Já as internações através da emergência ocorrem durante o dia inteiro com pico à tarde. Contudo, na ausência de vagas, o paciente é transferido para outro hospital. As altas, por sua vez, ocorrem com maior frequência entre 12h às 18 horas. Assim, o período da manhã fica conturbado para o Gerenciamento de Leito. A Figura 3 mostra a quantidade de internações eletivas e emergenciais, bem como o desencontro de altas durante um período de 24 horas. Esse desencontro entre altas e admissões gera níveis de atraso em todos os dias da semana (PROUDLOVE et al., 2003).

De acordo com Johar et al. (2013), as admissões na emergência podem afetar gravemente o tempo de espera de um paciente eletivo. Além disso, pode gerar atraso de até 34 dias com o aumento de um ponto no desvio padrão da média das admissões emergências semanais em um hospital. O padrão de atividade na admissão de leitos ocorre também em períodos sazonais. Durante o inverno, devido ao aumento de epidemias respiratórias, o número de internações aumenta significativamente. Já no período das férias e no Natal, essa taxa diminui consideravelmente (FUSCO et al., 2006).

Nessa assertiva, diversas técnicas de pesquisa operacional foram desenvolvidas para melhorar o processo de gestão de leitos. No entanto, na última década, o modelo cognitivo Ciência de Situação vem apresentando crescimento nas publicações de trabalhos na área médica.

## 2.2 Ciência de Situação

Ciência de Situação, segundo Endsley (1988), é a capacidade de projeção de ações futuras em um modelo, através da compreensão dos elementos e eventos que estão acontecendo em um determinado local e momento. Originado da área da aviação, esse conceito logo expandiu-se para outros domínios, tais como controle de tráfego aéreo, operações militares, educação, previsão do tempo, etc. (ENDSLEY; JONES, 2013). A Ciência de Situação possui ainda outras definições na literatura com aspectos cognitivos diferentes.

De acordo com Smith e Hancock (1995), SA é a invariante no sistema de agente ambiente que cria o conhecimento momentâneo e o comportamento fundamental para alcançar os objetivos especificados, concentrando-se na interação pessoa e mundo. Já para Bedny e Meister (1999), o conhecimento da situação é a reflexão dinâmica sobre a situação por um indivíduo, fornecendo orientação para a situação através da reflexão do passado, do presente e do futuro.

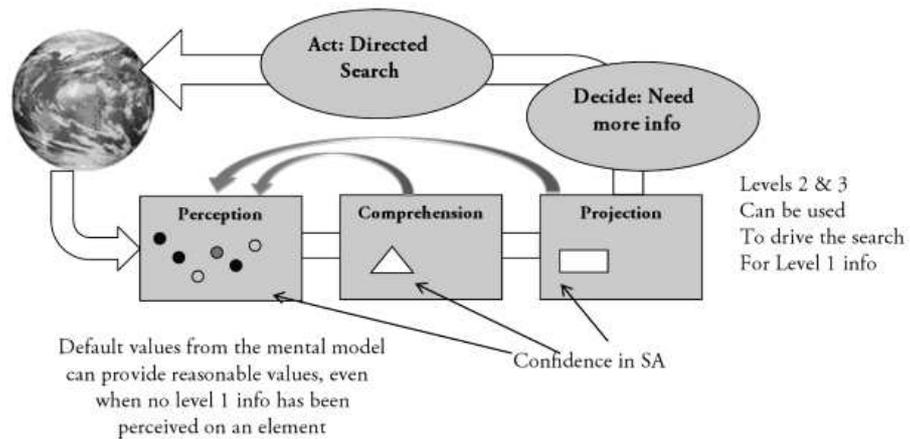
A disparidade entre os modelos é detectada através do grau de importância que eles dão para uma determinada área. Endsley (1988) enfatiza principalmente a percepção e compreensão do mundo, projetando ações futuras, Smith e Hancock (1995) concentram-se em grande parte na interação entre a pessoa e o mundo, formando a consciência e Bedny e Meister (1999) enfatizam o aspecto reflexivo de consciência situacional através de modelos mentais com alguma referência à compreensão do sistema atual (STANTON et al., 2001). A presente pesquisa está focada no modelo cognitivo de Endsley (1988), visto que atua na compreensão da situação e projeta ações futuras sem a necessidade de retorno posterior à execução do modelo.

O modelo cognitivo de Endsley (1988) é baseado em três níveis. O nível 1 é conhecido como a percepção dos elementos, primeiro passo para alcançar a compreensão do ambiente dinâmico. Um exemplo desses elementos na aviação são outros aviões, terreno, tempo, peso, centro de gravidade, etc. Uma aplicação que utiliza essa técnica precisa mostrar ao operador todas as informações possíveis para que o mesmo possa ter sucesso nos próximos níveis. Depois de obter as informações, é necessário integrá-las e compreendê-las, isto é, o objetivo do nível 2, também conhecido como compreensão da atual situação, é definir o estado como bom ou mau, excelente ou crítico, normal, entre outros. Já o nível 3 projeta o estado futuro, preocupado com o que acontecerá com base na dinâmica dos elementos. O exemplo mais prático que define o terceiro nível é um motorista dirigindo em uma rodovia. Se não houver nada atrapalhando sua visão, ele consegue ver o que está a sua frente, prevendo a velocidade do fluxo, acelerando ou freando com antecedência (ENDSLEY; JONES, 2013).

O modelo proposto por Endsley (1988) assemelha-se muito com o que praticamos no dia a dia. A Figura 4 demonstra como funciona a interação entre os níveis e como se comunicam em uma pesquisa, por exemplo. A camada de percepção é o nível 1, a compreensão é o nível 2 e a projeção é o nível 3. A percepção recebe informações do mundo real como um conjunto de palavras e repassa para a compreensão, que irá juntá-las, formando uma mensagem e entregará para a projeção, que buscará ações para a mensagem, situações

desejadas, retornando a pesquisa para o mundo. É importante notar que a comunicação não ocorre de forma linear, ou seja, caso haja algum problema no nível 3, ele pode retornar direto para o nível 1 (ENDSLEY; JONES, 2013).

**Figura 4: Interação entre níveis do modelo de Endsley.**



Fonte: ENDSLEY; JONES, 2013.

O uso da Ciência de Situação vem crescendo na área da saúde. Conforme Fore et al. (2013), o número de artigos no PubMed, banco de dados voltado para artigos da área da medicina, contendo o termo Ciência de Situação no título ou no resumo do artigo, cresceu muito nos últimos 10 anos. Seu uso está contribuindo para que médicos consigam analisar e compreender erros de diagnósticos através de entrevistas com médicos e fornecedores (SINGH et al., 2012). A Ciência de Situação também vem sendo utilizada para ajudar gestores de hospitais a controlar melhor os recursos em situações de desastre, utilizando as ligações e mensagens do dispositivo como termômetro do nível de emergência (MADEY et al., 2007).

Sistemas que utilizam a Ciência de Situação como modelo cognitivo também são sensíveis ao contexto, utilizando conceitos da Ciência de Contexto nos dois primeiros níveis do SA.

### 2.3 Ciência de Contexto

Ciência de Contexto é qualquer informação utilizada para caracterizar a situação de uma entidade, uma pessoa, um lugar ou um objeto considerado relevante para a interação entre um usuário e um aplicativo, incluindo o usuário e os próprios aplicativos (ABOWD et al., 1999). Um sistema é sensível ao contexto quando utiliza informações contextuais para fornecer dados ou serviços relevantes ao usuário. A relevância depende da tarefa do usuário (DEY, 2001). Segundo Abowd e Mynatt (2000), há muito mais em um contexto do que posição e

identidade. Muitas aplicações cientes do contexto não levam em consideração o tempo, a história (recente ou antigo), entre outros objetos disponíveis no ambiente.

Os cinco “W” formam um conjunto de dimensões básicas necessário para contextualizar uma atividade. Abaixo, segue a descrição de cada “w” (ABOWD; MYNATT, 2000):

- *Who* (quem): as aplicações focam-se na identidade de um usuário particular, raramente incorporando a identidade de outras pessoas no ambiente. Como seres humanos, nossas atividades e eventos baseiam-se na presença de outras pessoas.
- *What* (o quê): interpretar atividades humanas é um grande problema. Os dispositivos dirigidos a um contexto precisam incluir interpretações das atividades humanas para serem capazes de fornecer informações úteis.
- *Where* (onde): onde é o componente de contexto mais explorado que os outros. Alguns sistemas de turismo têm teorizado sobre aprendizagem, utilizando o histórico de movimentos no mundo físico para adequar a exibição de informações com base no caminho de interesse do usuário.
- *When* (quando): a maioria das aplicações desconhece a passagem do tempo como contexto. O tempo pode indicar muita coisa na rotina de uma pessoa. Pode identificar falta de interesse por uma atividade pelo tempo que ela exerce diante de outras tarefas.
- *Why* (por que): mais complexo que perceber o que uma pessoa está fazendo é compreender o porquê essa pessoa está realizando uma determinada tarefa. A combinação das dimensões *who*, *what*, *where* e *when* ajuda a compreender o porquê (*why*) de uma determinada situação. Sensações como temperatura do corpo, frequência cardíaca e pressão arterial podem indicar a situação de saúde de uma pessoa, se está doente ou não.

Certos tipos de contexto são, na prática, mais importantes do que outros, sendo eles a localização, identidade, atividade e tempo. Tais tipos de contextos não só respondem as perguntas de quem, o quê, quando e onde, mas também agem como índices para outras fontes de informação contextual. Um exemplo é a identidade de uma pessoa. Com ela, é possível adquirir outras informações como o número do telefone, endereço, e-mail, data de nascimento, lista de amigos, estado civil, entre outras informações. Com a localização de uma entidade, é possível determinar outros objetos ou pessoas na volta (ABOWD et al., 1999). Através desses contextos, denominados primários, é possível obter uma série de informações secundárias.

As informações vindas de contextos são empregadas no nível de projeção da Ciência de Situação para a tomada de decisão. Dentre as possibilidades para prever estados futuros, destaca-se o uso das Redes Neurais Artificiais na predição através da utilização de informações contextuais.

## 2.4 Redes Neurais Artificiais

Diversas técnicas para a previsão de resultados existem nos dias atuais, como Redes Bayesianas, Regressão logística, Rede Neural Artificial (RNA), entre outras. Uma das técnicas escolhidas para a tomada de decisão do modelo desenvolvido neste trabalho foi a Rede Neural Artificial, por ser um algoritmo que requer menos formação estatística no desenvolvimento, possui uma série de equações matemáticas que simulam o processo biológico de aprendizado e memorização e pode ser desenvolvido utilizando diferentes algoritmos de treinamento (TU, 1996).

Uma Rede Neural Artificial pode ser definida, segundo Basheer e Hajmeer (2000), como uma estrutura complexa densamente interligada por elementos de processamento simples (neurônio), adaptativos que possuem a capacidade de realizar operações como cálculos em paralelo, para processamento de dados e representação de conhecimento. O primeiro conceito de Rede Neural Artificial foi introduzido em 1943 (MCCULLOCH et al., 1943), mas ganhou popularidade nos anos 80 com a introdução do algoritmo de *backpropagation*, que permitiu o treinamento da rede (RUMELHART et al., 1986).

Desde que foi desenvolvida, a Rede Neural Artificial vem sendo amplamente usada e validada por diversas áreas que pretendem antever acontecimentos. Nagy et al. (2002) utilizaram a RNA para estimar a descarga de sedimentos naturais em rios, obtendo melhores resultados em comparação com técnicas já utilizadas, como a regressão analítica. Na área da saúde, ela foi utilizada para prever a duração da estadia de pacientes admitidos pelo departamento de emergência em um hospital nos Estados Unidos da América, obtendo 94% de acerto quando utilizado com maior especificidade (POFAHL et al., 1998). A RNA também vem sendo utilizada pelo modelo cognitivo Ciência de Situação para prever ações futuras.

Um exemplo dessa união é o trabalho desenvolvido por Sullivan et al. (2013). Os autores desenvolveram um modelo de automação de convés de voo capaz de prever com sucesso a maioria das interações humanas automatizadas, utilizando contextos como visibilidade, tempo, pressão do tempo, tráfego entre outros, obtendo uma taxa de sucesso entre 62-78% utilizando poucos dados no treinamento da rede. Karamanli et al. (2016) utilizaram ambas as técnicas na área da saúde para diagnosticar apneia do sono, utilizando informações contextuais como gênero, idade, ronco e o índice de massa corporal, alcançando uma precisão de 86,6%, podendo reduzir o número de pacientes avaliados por polissonografia (PSG), um recurso de diagnóstico caro e limitado.

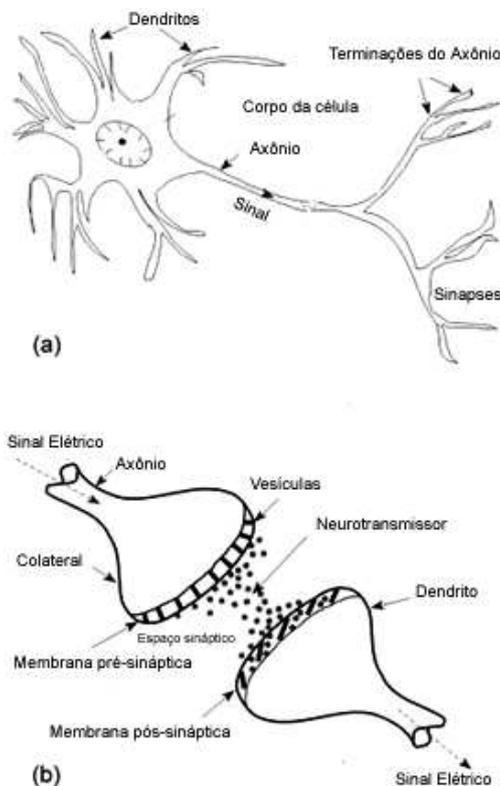
A RNA é uma abstração da rede neural biológica. Contudo, o objetivo não é replicar, mas sim servir de modelo para o aprendizado de máquinas e resoluções de problemas complexos. Rojas (1996) explica que, nos últimos 100 anos, aproximadamente 10% dos prêmios Nobel de fisiologia e medicina foram para cientistas que contribuíram para o estudo do cérebro, mostrando um avanço muito grande na compreensão da complexidade desse órgão, o funcionamento dos neurônios como rede, inspirando o modelo Rede Neural Artificial. A RNA possui características biológicas como a não linearidade para distinção, alto paralelismo, robustez, tolerância a falhas e aprendizado.

### 2.4.1 Neurônio biológico

O sistema nervoso possui arquiteturas globais das mais diversas complexidades. Todavia, todos são compostos de módulos de base semelhantes, chamados de células neurais ou neurônios, desempenhando funções diferentes (ROJAS, 1996). O neurônio ou célula nervosa possui um corpo celular e dois tipos de ramos, o dendrito e axônio, como pode ser visto na Figura 5a.

O corpo celular carrega informações sobre as características da hereditariedade e um plasma que contém as substâncias moleculares que o neurônio precisa (JAIN et al., 1996). Um neurônio recebe sinais de outros neurônios através de impulsos. Esses sinais são captados pelas dendrites, responsáveis por receber a informação e repassar para o corpo da célula através do axônio. O axônio, que se divide em colaterais, recebe sinais a partir do corpo da célula e transporta-os para as dendrites que vão repassar para as dendrites de neurônios vizinhos através da sinapse, representada na Figura 5b.

**Figura 5: a) Representa o neurônio. b) Mecanismo de transferência entre dois neurônios.**

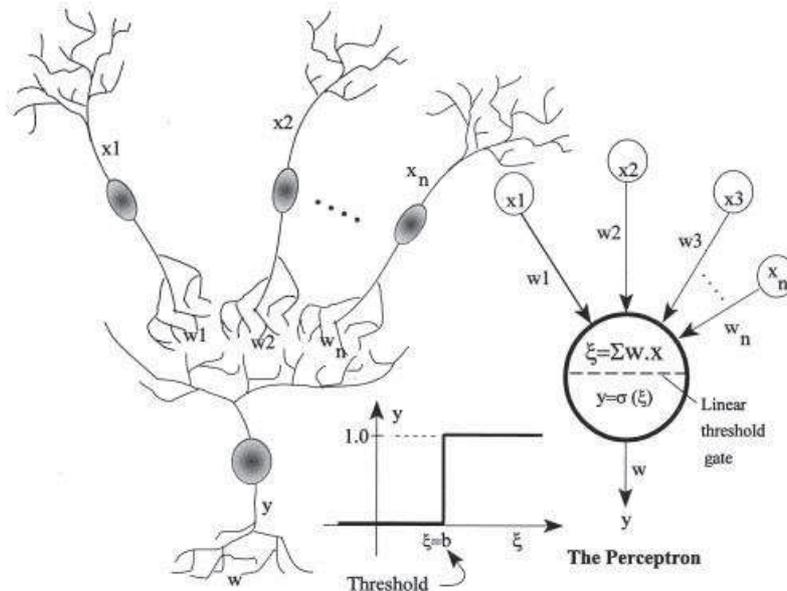


Fonte: adaptado de Basheer; Hajmeer; 2000.

A relação entre a rede biológica e a artificial é que ambas possuem axônio, dendrito e comunicam-se por sinapses (BASHEER; HAJMEER, 2000). Essa relação é mostrada na Figura 6: o neurônio biológico recebe sinais representados pela letra  $x$  e a força sináptica é recebida por  $w$  dentro do neurônio. Ambas as redes possuem capacidade de ajustar a

amplitude do peso das sinapses em uma série de camadas interligadas. Na computação, tais redes, que possuem diversas camadas interligadas, foram nomeadas de *Multilayer Perceptron* (MLP).

**Figura 6: Relação entre a rede neural biológica e artificial.**



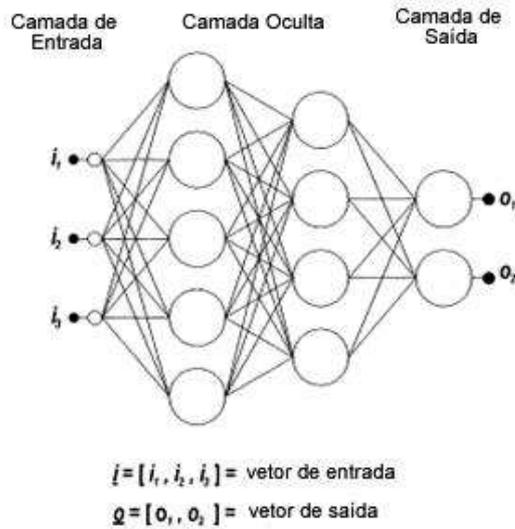
Fonte: Basheer e Hajmeer (2000).

#### 2.4.2 Rede Neural Artificial Multilayer Perceptron

Em 1958, a Rede Neural Artificial *Perceptron* foi introduzida por Rosenblatt. Esse modelo é um dos mais antigos e lida com um único neurônio, classificando o resultado de forma linear (BASHEER; HAJMEER, 2000). Na Figura 6, o neurônio artificial é um Perceptron que recebe diversos valores de entradas ( $x$ ). Essas entradas multiplicam-se pelo peso da sinapse ( $w$ ) e, no final, somam-se formando um conjunto de entradas ( $\xi$ ). Esse resultado passa por uma função de ativação linear e transmite a saída ( $y$ ). Quando o valor ( $\xi$ ) exceder o limite da função de ativação (também chamada de bias,  $b$ ), o neurônio será ativado e retornará um valor.

A fim de lidar com os problemas não linearmente separáveis, foram adicionadas camadas de neurônio ocultas no modelo de Rosenblatt, formando a Rede Neural Artificial *Multilayer Perceptron* (BASHEER; HAJMEER, 2000). Tal técnica tem se mostrado mais eficaz que técnicas estatísticas tradicionais por não fazer suposições prévias sobre a distribuição de dados, modelando funções altamente não lineares, podendo ser treinada para generalizar respostas quando apresentado a novos dados (GARDNER; DORLING, 1998)

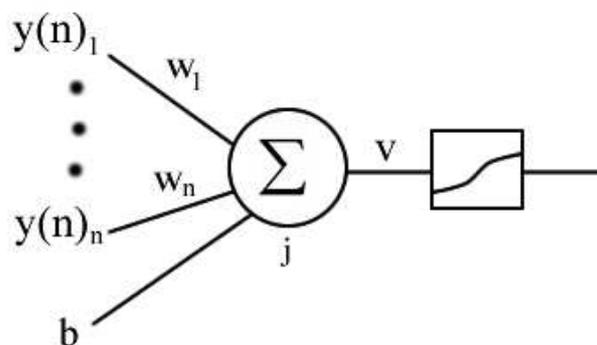
Figura 7: Visão geral de um modelo RNA Multilayer Perceptron.



Fonte: adaptado de Gardner; Dorling, 1998.

O *Multilayer Perceptron* é uma rede *feedforward* (rede progressiva, a saída de um neurônio se conecta com outro neurônio da próxima camada), formado por um conjunto de neurônios denominados “nós”, como demonstrado na Figura 7 (GARDNER; DORLING, 1998). Ele possui uma camada de entrada (sem função computacional), uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. A complexidade da rede MLP dá-se pela quantidade de camadas ocultas que houver e a quantidade de neurônios que essas camadas possuírem (CASTRO F.; CASTRO M., 2015).

Figura 8: Visão geral do funcionamento da rede MLP.



Fonte: elaborado pelo autor.

O funcionamento geral de uma rede MLP é apresentado na Figura 8. Cada neurônio recebe todos os valores das entradas, representado pelo  $y$ , que são multiplicados pelos pesos sinápticos demonstrados pelo símbolo  $w$  e somados entre si junto com um valor constante

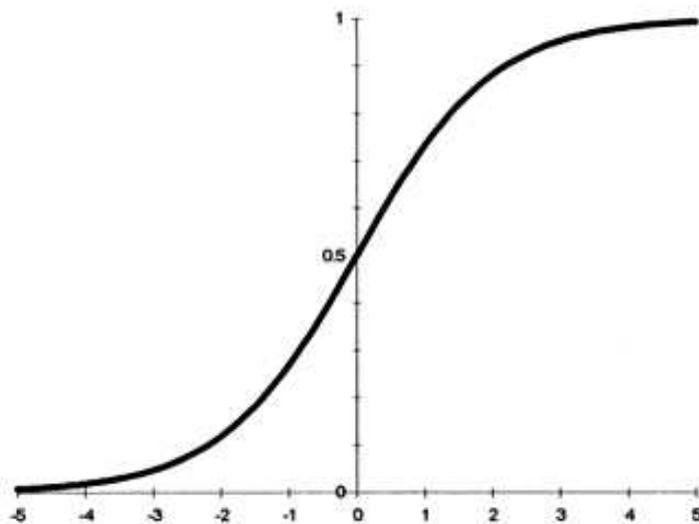
chamado de polarização ou bias, letra  $b$ . A constante possui o papel de centralizar a curva da função em um valor conveniente, caso seja positivo o movimento do gráfico é realizado para a esquerda, diminuindo o valor do eixo  $x$ , caso seja negativo, o movimento do gráfico é feito para a direita, aumentando o valor do eixo  $x$ . A soma ponderada apresentada na Equação (1) gera o potencial de ativação que é utilizado para determinar seu valor e propagar para outros neurônios da próxima camada. A função de ativação vem após a soma ponderada dos pesos, representado pelo símbolo  $y_j$ , limitando a amplitude da saída do neurônio, ou seja, a entrada é normalizada dentro de um intervalo fechado como  $[0,1]$ ,  $[-1,1]$ , entre outros.

Caso o valor esteja entre o intervalo estipulado, seu valor é propagado para os neurônios da próxima camada, se não sua interação termina ali. Existem diversas funções não lineares como a gaussiana, tangente hiperbólica, sigmoide, entre outros que testam o potencial de ativação através de sua fórmula. Nesse modelo, a função utilizada é a logarítmica sigmoide, mostrado na Figura 9. Essa função é definida pela Equação (2) em que  $v_j$  é o potencial de ativação (a soma ponderada de todas as entradas mais a polarização) do neurônio  $j$  e  $y_j$  é a saída do neurônio.

$$v_j = \sum_{i=0}^m w_i y_i + b \quad (1)$$

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-v_j}} \quad (2)$$

Figura 9: Função logística sigmoide.



Fonte: adaptado de Gardner e Dorling, 1998.

As camadas ocultas utilizadas por uma rede MLP possuem a habilidade de extrair as estatísticas de ordem superior de algum processo aleatório desconhecido, adquirindo uma perspectiva global do processo incerto em virtude do conjunto de pesos sinápticos e das

interações neurais proporcionadas por essas camadas. Esse tipo de Rede Neural Artificial possui a habilidade de aprender através de treinamentos, sendo o *backpropagation* a técnica mais utilizada (CASTRO F.; CASTRO M., 2015).

### 2.4.3 Backpropagation

Rumelhart et al. (1986) introduziram o algoritmo *backpropagation*, possibilitando o treinamento da rede neural com diversas camadas através da retropropagação. O processo ocorre em dois passos. No primeiro passo, chamado de *feedforward*, é introduzido um valor na camada de entrada e um na camada de saída. O resultado flui dentro das camadas<sup>1</sup> até que a resposta seja reproduzida na camada final. Já no segundo passo, ocorre o aprendizado da rede. O resultado obtido na última camada é comparado com o valor desejado através da Equação (3), que subtrai o valor obtido na RNA ( $ro_j$ ) com o esperado no treinamento ( $rr_j$ ) e, caso esse valor não esteja no padrão aceitável, a rede neural calcula o erro e propaga para as camadas internas até a entrada, ajustando os pesos sinápticos de cada camada.

$$e_j(n) = ro_j - rr_j \quad (3)$$

O processo de retropropagação propaga os sinais de erro na direção contrária<sup>2</sup>, camada a camada, computando os gradientes locais de cada neurônio. Esse processo permite que sejam executadas correções nos pesos sinápticos através da Equação (4). O símbolo  $\Delta w_{ji}(n)$  representa o novo valor do peso sináptico do neurônio  $j$ ,  $y_i(n)$  é o sinal de entrada da célula nervosa  $j$ , pertencente ao neurônio  $i$ ,  $\eta$  é a razão de aprendizado e o  $\delta$  é o gradiente local.

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta \delta_j(n) y_i(n) \quad (4)$$

Para o neurônio da camada de saída, a gradiente local é o sinal de erro dele multiplicado pela primeira derivada de sua não linearidade, conforme a Equação (5). Com o valor do gradiente local, é possível corrigir os pesos sinápticos que alimentam a camada de saída utilizando a Equação (3). Após a correção na camada de saída, utiliza-se a Equação (6) para obter a gradiente local dos neurônios predecessores e a Equação (4) para a corrigir os pesos sinápticos que os alimentam. Esse processo é recursivo e termina quando o algoritmo de treinamento chega à camada de entrada.

$$\delta_j(n) = \varphi'_j(v_j(n)) e_j(n) \quad (5)$$

$$\delta_j(n) = \varphi'_j(v_j(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \quad (6)$$

---

<sup>1</sup> Em muitas literaturas, o algoritmo *feedforward* é executado no sentido esquerda/direita.

<sup>2</sup> O algoritmo *backpropagation* é executado em sentido oposto ao *feedforward*. Caso o *feedforward* seja esquerda/direita a retropropagação ocorrerá da direita para esquerda.

Na Equação (5), o gradiente é igual ao produto do correspondente sinal de erro  $e_j(n)$  da camada final (diferença entre o esperado e o obtido) pela derivada  $\varphi'(v_j(n))$  da função de ativação. Já na Equação (6), a derivada da função de ativação é multiplicada pelo somatório do  $\delta_k(n)$ , que requer o conhecimento dos sinais de erro  $e_k(n)$  retropropagados dos neurônios posteriores ao  $j$ , vezes os pesos sinápticos  $w_{kj}(n)$  dos mesmos.

O uso de técnicas da Inteligência Artificial, como Redes Neurais Artificiais, apresenta bons resultados na área da saúde médica (AMATO et al., 2013). Porém, tradicionalmente, alocações de pacientes em hospitais utilizam técnicas da Pesquisa Operacional, como a MAVT do Apoio Multicritério à Decisão, para lidar com decisões em cenários complexos de múltiplos critérios.

## 2.5 Apoio Multicritério à Decisão

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD), também denominado na literatura como Análise de Decisões com Múltiplos Critérios (ADMC), ou em inglês *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA), é um campo da pesquisa operacional que consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar pessoas, organizações ou instituições a tomarem decisões em um ambiente com multiplicidade de critérios (GOMES et al., 2002). Tal metodologia procura construir um processo que seja o mais neutro, objetivo, válido e transparente, sem indicar aos decisores uma solução única e verdadeira (GOMES et al., 2004). Segundo Gomes et al. (2004), o AMD possui uma metodologia com quatro níveis que não são, necessariamente, sequenciais:

- Nível I: reconhecimento das necessidades, detectando o problema a ser resolvido;
- Nível II: definição do problema, mediante a identificação dos eventuais grupos de interesse;
- Nível III: elaboração de um modelo analítico do problema, cuja finalidade é construir uma representação matemática a ser utilizada no processo;
- Nível IV: análise dos resultados do modelo, avaliando as alternativas em relação aos critérios de acordo com o ambiente ou a natureza do processo. Pode ser necessária uma reavaliação do modelo, caso a solução obtida não seja satisfatória.

A Teoria do Valor Multiatributo é uma das técnicas do AMD para resolver problemas de decisão complexos do mundo real, julgando diferentes alternativas em relação diversos critérios a fim de encontrar a melhor solução (MUSTAJOKI et al., 2011).

Nas próximas seções, são descritos os conceitos da técnica e os fundamentos para construir o modelo de apoio à decisão.

### 2.5.1 Teoria do Valor Multiatributo

A técnica denominada Teoria do Valor Multiatributo (MAVT) baseia-se na hipótese de que, em qualquer problema de decisão, existe uma função de valor real  $v$  sobre o conjunto de alternativas  $A$  que o tomador de decisão deseja examinar. Essa função agrega os critérios ou atributos  $X_1, X_2, \dots, X_N$  (GOMES et al., 2004). Aplicações MAVT envolvem diferentes alternativas discretas que são classificadas pelos grupos de interesse envolvidos, visando encontrar a melhor solução (STEFANOPOULOS et al., 2014). Segundo Belton e Stewart (2002), o objetivo é conectar o valor das opções com a preferência dos interessados, levando em conta todos os critérios. O método de agregação mais utilizado na MAVT é o modelo aditivo, apresentado na Equação (7):

$$V(\alpha) = \sum w_i v_i(a_i) \quad (7)$$

onde:

$V(\alpha)$ : Valor de desempenho global da ação.

$v_i(a_i)$ : Função que representa o valor parcial de desempenho do critério.

$w_i$ : Taxa de Substituição do critério.

De acordo com Belton e Stewart (2002), a função de agregação aditiva associa um valor de desempenho global a cada alternativa, de forma que:

- $\alpha \succ b$ : uma alternativa  $\alpha$  tem preferência sobre a alternativa  $b$ , resultando em  $V(\alpha) > V(b)$ .
- $b \succ a$ : uma alternativa  $b$  tem preferência sobre a alternativa  $a$ , resultando em  $V(b) > V(a)$ .
- $\alpha \sim b$ : existe a possibilidade de ocorrer uma indiferença entre as alternativas  $\alpha$  e  $b$ , resultando em  $V(\alpha) = V(b)$ .

Uma das vantagens do método MAVT é a possibilidade de fornecer uma abordagem estruturada para resolver problemas, utilizando dados quantitativos e qualitativos, indicando as alternativas, objetivos e atributos da solução para o usuário. Isso permite que se possa ter uma visão geral do contexto e possuir maiores condições de auxiliar na resolução do problema (STEFANOPOULOS et al., 2014). A resolução inicia-se na decomposição do problema em critérios e seus níveis de impactos.

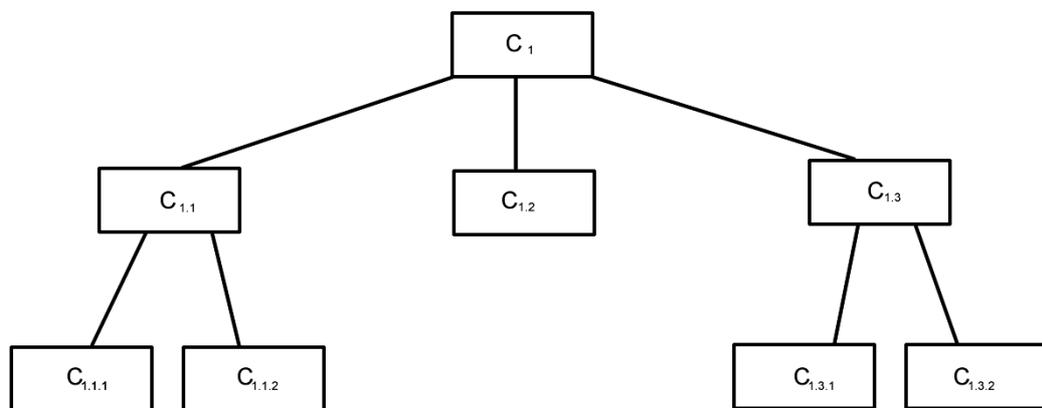
### 2.5.2 Critérios e Descritores

O primeiro passo para utilizar o modelo MAVT é determinar quais os pontos de vista fundamentais (aspectos considerados importantes para avaliar as ações potenciais) pelos

decisores (ENSSLIN et al., 2001). O enfoque do tomador de decisão pode ser decomposto em uma estrutura arborescente (árvore), dissolvendo critérios complexos em subcritérios de fácil mensuração.

A Figura 10 apresenta uma estrutura de um modelo multicritério que utiliza a estrutura arborescente para apresentar os critérios e seus níveis. O critério  $C_1$  é decomposto em outros três subcritérios que, por sua vez, também são decompostos em outros subcritérios, com exceção do  $C_{1,2}$ , formando uma estrutura hierárquica na hora da tomada de decisão.

**Figura 10: Estrutura arborescente para critérios de um modelo multicritério.**



Fonte: elaborado pelo autor.

Cada critério possui uma necessidade maior ou menor que os demais. Tais níveis são informados pelos descritores. Os descritores, ou atributos para Keeney (1992), consistem em um conjunto de níveis de impacto utilizados para descrever os possíveis desempenhos das ações de cada critério (E COSTA et al., 1999). Para Ensslin et al. (2001), tais atributos são construídos para:

- Auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando;
- Tornar o ponto de vista mais inteligível;
- Possibilitar a geração de ações de aperfeiçoamento;
- Possibilitar a construção de escalas de preferências locais;
- Permitir a mensuração do desempenho em um critério;
- Auxiliar na construção de um modelo global de avaliação.

O nível de impacto de cada descritor pode ser encarado como a representação do desempenho (impacto) de uma ação potencial em um objetivo. Eles devem estar ordenados em termos de preferências: o mais atrativo é aquele que corresponderia a uma ação de melhor performance e o menos atrativo corresponderia a uma ação com a pior performance

(ENSSLIN et al., 2001). A Tabela 1 apresenta um conjunto de descritores e seus níveis de impacto, ordenados de forma crescente pela importância, em um determinado critério na compra de um carro. Definida a mensuração de cada critério, é necessário que os tomadores de decisão atribuam valores a cada nível.

### 2.5.3 Função Valor

Uma função valor pode ser vista como uma ferramenta que auxilia a articulação das preferências. Ela possui o objetivo de quantificar os níveis de impacto de cada descritor, ordenando a intensidade de preferências entre pares de ações (ENSSLIN et al., 2001). Seguindo os dados da Tabela 1, a Tabela 2 mostra o valor função para cada nível de impacto de um descritor.

**Tabela 1: Exemplo de descritores e seus níveis de impacto em um critério.**

Critério: Tipos de direção	
Níveis de impacto	Descrição
N <sub>1</sub>	Direção Elétrica
N <sub>2</sub>	Direção Eletro hidráulica
N <sub>3</sub>	Direção Hidráulica

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 2: Exemplo de descritores e seus níveis de impacto em um critério com suas funções valor.**

Critério: Tipos de direção		
Níveis de impacto	Descrição	Função Valor
N <sub>1</sub>	Direção Elétrica	100
N <sub>2</sub>	Direção Eletro hidráulica	50
N <sub>3</sub>	Direção Hidráulica	0

Fonte: elaborado pelo autor.

Existem diversos métodos para a construção de funções de valor como *Curve Selection*, *Bisection*, *Difference Standard Sequence*, *Semantic Judgement*, entre outros (BEINAT, 1997). Contudo, neste trabalho especificamente, foi utilizada a técnica *Direct Rating*. Também conhecida como Método de Pontuação Direta, essa técnica necessita que os descritores estejam construídos previamente junto com seus níveis de impacto, já ordenados pelo melhor e pior nível. Esses dois valores servem como âncora para a escala e, em seguida, os decisores são questionados a expressar numericamente a atratividade dos demais níveis em relação às âncoras (ENSSLIN et al., 2001).

Para conseguir uma avaliação global entre todos os critérios simultaneamente, é necessário, junto com a função valor, obter a taxa de substituição do modelo.

#### 2.5.4 Taxa de Substituição

A taxa de substituição expressa a perda de performance que um critério deve sofrer para compensar o ganho de outro (ROY, 1996). Na literatura, taxas de substituição também são denominadas de *trade-offs* ou constantes de escala. Todavia, na literatura inglesa, são também conhecidas como *weights*. Nessa perspectiva, é possível considerar as taxas de substituição como constantes, que transformam valores locais de preferência em valores globais (ENSSLIN et al., 2001).

Dentre os diversos métodos para determinar as taxas de substituição, como *weight rating*, *pairwise comparison*, *trade-offs*, entre outros (BEINAT, 1997), neste trabalho foi utilizado *swing weights* por ser um método rápido e simples em seu procedimento, sem a necessidade de pré-ordenar preferencialmente os critérios. O método consiste em obter a diferença do “salto” entre o nível neutro para o bom de um descritor e dividir pela soma da diferença do nível neutro para o bom de todos os descritores do mesmo critério (ENSSLIN et al., 2001).

A MAVT gera um resultado final que é utilizado para apoiar a tomada de decisão de pessoas ou grupos. Entretanto, essas informações necessitam ser transferidas para uma interface que os apresente, independente de plataforma. O serviço web é uma técnica utilizada para transferência de informações entre diferentes *softwares*, através de uma rede.

## 2.6 Serviços Web

Segundo Alonso et al. (2004), a melhor definição de serviços web é a da W3C que o define como “uma aplicação de software identificado por uma URI, cujas interfaces e vinculações são capazes de serem definidos, descritos e descobertos como artefatos XML. Um serviço web suporta interações diretas com outros agentes de softwares usando mensagens baseadas em XML trocadas via protocolos base da internet”. A definição da W3C é completa, mostrando como o serviço deve funcionar e interagir com outros softwares. Foge do conceito “instala e executa” para algo mais complexo que precisa ser descrito e anunciado de modo que os clientes consigam acessá-lo.

### 2.6.1 Comunicação via SOAP

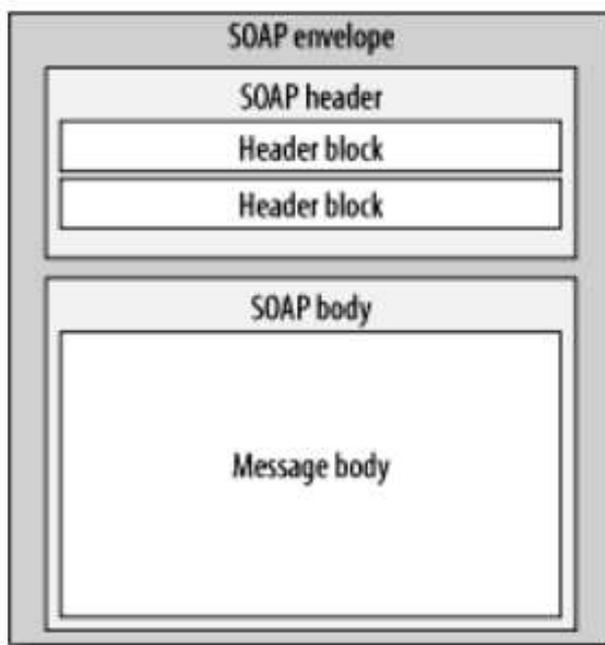
SOAP (*Simple Object Access Protocol*) é o protocolo para troca de mensagem estruturada em serviços web. A especificação define um simples envelope baseado em XML para as informações que estão sendo transferidas, possuindo regras para tradução de aplicativos

específicos da plataforma. O projeto SOAP tornou-se adequado para uma variedade de integrações de aplicativos, que contribuiu para o seu crescimento (SNELL et al., 2001).

Uma mensagem SOAP consiste em um envelope contendo um cabeçalho opcional e um corpo, como mostrado a Figura 11. O cabeçalho contém informações para o processamento da mensagem e o corpo possui a mensagem que será transmitida em XML.

A sintaxe do XML é baseada no *namespace* `http://www.w3.org/2001/06/soap-envelope`, que identifica a estrutura da mensagem. A Figura 12 exibe um exemplo de mensagem via SOAP. O identificador `<s:Envelope>` inicia a mensagem SOAP contendo em seu interior mais outros dois identificadores, o `<s:Header>` e o `<s:Body>`, que representam o cabeçalho e o corpo da mensagem respectivamente.

**Figura 11: Estrutura da mensagem SOAP.**



Fonte: Snell et al., 2001.

**Figura 12: Sintaxe da mensagem SOAP em XML.**

```
<s:Envelope
  xmlns:s="http://www.w3.org/2001/06/soap-envelope">
  <s:Header>
    <m:transaction xmlns:m="soap-transaction"
      s:mustUnderstand="true">
      <transactionID>1234</transactionID>
    </m:transaction>
  </s:Header>
  <s:Body>
    <n:purchaseOrder xmlns:n="urn:OrderService">
      <from><person>Christopher Robin</person>
        <dept>Accounting</dept></from>
      <to><person>Pooh Bear</person>
        <dept>Honey</dept></to>
      <order><quantity>1</quantity>
        <item>Pooh Stick</item></order>
    </n:purchaseOrder>
  </s:Body>
</s:Envelope>
```

Fonte: Snell et al., 2001.



### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo aborda trabalhos relacionados ao gerenciamento de leito com Ciência de Situação na atribuição de pacientes em quartos hospitalares. A seleção priorizou artigos que continham em seu título, palavras-chave ou *abstract*, o termo:

- *Bed management*: setor do hospital responsável por gerenciar os leitos;
- *Admission in patients*: primeira fase do Gerenciamento de Leitos;
- *Allocation of patients*: termo utilizado para indicar a segunda fase do Gerenciamento de Leitos;
- *Patient-bed Assignment*: termo utilizado para indicar a segunda fase do Gerenciamento de Leitos;
- *Patient Admission Scheduling*: termo utilizado para admissão de pacientes agendados em hospitais;
- *Situation Awareness*: modelo cognitivo utilizado para projetar ações futuras, utilizando informações contextuais.

Além desses termos, os artigos deveriam ter como objetivo alocar pacientes em leitos hospitalares utilizando informações contextuais do enfermo e do hospital com alguma técnica de inteligência artificial ou pesquisa operacional para a tomada de decisão do SA. A data limite para a pesquisa dos trabalhos relacionados foi o ano de 2010. Para tanto, utilizou-se a ferramenta Google Acadêmico. Nas próximas seções, são apresentados quatro trabalhos relacionados a este estudo, seguidos de comparação e oportunidades de pesquisa.

#### 3.1 An Application of Multi-Attribute Value Theory to Patient-Bed Assignment in Hospital Admission Management: an Empirical Study

O objetivo deste estudo (TSAI; LIN, 2014) é buscar os leitos certos para os pacientes corretos. Para isso, foi utilizada a técnica matemática *Multi-Attribute Value Theory* (MAVT) que consiste em atribuir pesos (relevância) a atributos para a tomada de decisão. O nível de importância dada a cada atributo foi retirado de outros estudos na área da saúde que abordam políticas hospitalares e nível de gravidade. A Tabela 3 lista quais áreas possuem mais importância, e a Tabela 4 define os atributos usados em um estudo empírico. Cada atributo tem vários níveis. Uma situação que é mais favorecida possui um nível de atributo superior. Por exemplo, um paciente de cirurgia (com nível de atributo 2, ou  $x_1 = 2$ ) seria favorecido sobre um paciente de quimioterapia (com nível de atributo 1, ou  $x_1 = 1$ ) de acordo com a diretriz da Tabela 3.

Tabela 3: Lista com os principais fatores que determinam prioridade dos pacientes no hospital.

<b>Surgical Specialty</b>		
<b>Importance</b>	<b>Factor</b>	<b>Preference</b>
High	Treatment type	Surgery > Chemotherapy > Others
↓	Ward subspecialty	Designated subspecialty > Supported subspecialty
	Days in waiting	More days passed scheduled date
Low	Patient's room preference	Matched in single, double room, or insurance-covered room
<b>Internal Medicine Specialty</b>		
<b>Importance</b>	<b>Factor</b>	<b>Preference</b>
High	Treatment type	Advanced laboratory testing > Chemotherapy > Others
↓	Ward subspecialty	Designated subspecialty > Supported subspecialty
	Days in waiting	More days passed scheduled date
Low	Patient's room preference	Matched in single, double room, or insurance-covered room

Fonte: Tsai e Lin, 2014.

Tabela 4: Definição de atributos e níveis usados para priorizar pacientes.

<b>Factor (Attribute)</b>	<b>Description</b>	<b>Attribute level</b>
Treatment type ( $x_1$ )	Surgery or advanced laboratory testing	$x_1 = 2$
	Chemotherapy	$x_1 = 1$
	Others	$x_1 = 0$
Ward subspecialty ( $x_2$ )	Designated subspecialty	$x_2 = 1$
	Supported subspecialty	$x_2 = 0$
Days in waiting ( $x_3$ )	Days passed scheduled date (no more than 9 days)	$x_3 = \text{passed days (0~9)}$
Room preference ( $x_4$ )	Available bed matches the request	$x_4 = 1$
	Otherwise	$x_4 = 0$

Fonte: Tsai e Lin, 2014.

Para determinar o valor do atributo para cada nível, bem como o fator de escala, é necessário definir variáveis da Equação (8). O valor da variável  $u_i(x_i)$  é definido pela divisão do seu valor pelo maior valor interno do atributo através da Equação (9). O fator de escala é obtido pela divisão do maior valor interno de um atributo com a soma dos maiores valores internos dos atributos, demonstrado na Equação (10).

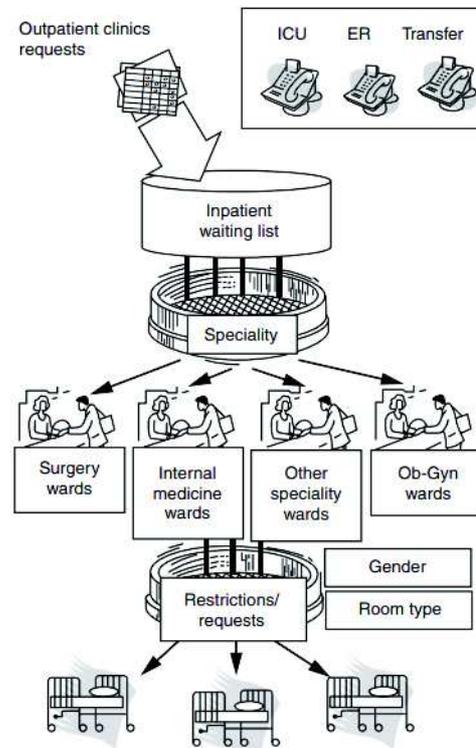
$$\tilde{u}(x_i) = k_i u_i(x_i) \quad (8)$$

$$u_i(x_i) = \frac{\tilde{u}(x_i)}{\max\{\tilde{u}\}} \quad (9)$$

$$k_i = \frac{\max\{\tilde{u}_i\}}{\max\{\tilde{u}\}} \quad (10)$$

Em um cenário em que um paciente na lista de espera possua um valor maior do que outro enfermo também na lista, terá maior prioridade sobre o leito.

Figura 13: Fluxo hospitalar do estudo empírico.



Fonte: Tsai e Lin, 2014.

Foi realizado um estudo empírico em dois hospitais em Taiwan, local onde o estudo foi desenvolvido. Os dois hospitais recebem pacientes da emergência e unidade de terapia intensiva (UTI), conforme a Figura 13. Os pedidos de internação por ambulatoriais entram em uma lista única de espera para serem chamados conforme a disponibilidade de leitos. Os leitos hospitalares são divididos em alas e cada ala suporta mais de uma especialidade médica. Sempre que um leito é liberado e está disponível para o próximo paciente, o programa é informado para selecionar o próximo paciente da lista de espera. A lista de espera prioriza o

primeiro que chegou, mas outros fatores-chave e restrições são considerados, tais como especialidade, exigência de tratamento, grau de urgência, sexo, preferências e, até mesmo, escolha do quarto. A aplicação desse modelo resultou em uma melhora no desempenho do hospital utilizando a técnica MAVT, principalmente na área das alas especializadas e preferência por quarto.

### 3.2 A hybrid tabu search algorithm for automatically assigning patients to beds

O objetivo do estudo de Demeester et al. (2010) foi descrever um novo algoritmo híbrido que apoia as decisões operacionais do hospital na camada de alocação do Gerenciamento de Leitos. O algoritmo atribui de forma eficiente os pacientes eletivos em leitos apropriados ao seu tratamento, considerando o contexto médico e suas preferências. Devido à complexidade do problema combinatório de admissões do agendamento, o modelo proposto utiliza um algoritmo próprio hibridizado.

O modelo também utiliza diversas informações contextuais do paciente, divididas em parâmetros e variáveis: paciente ( $P_i$ ), total de noites necessárias ( $N_k$ ), departamentos do hospital ( $D_m$ ), especialidade de um departamento ( $S_l$ ), quartos de internação ( $R_j$ ), leitos hospitalares que pertençam a um quarto ( $B_{jb}$ ) e a transferência de pacientes de um quarto para outro ( $T_{ijk}$ ). O paciente possui parâmetros internos, tais como: data de admissão ( $AD_i$ ), idade ( $A_i$ ), gênero ( $G_i$ ), tratamento que corresponde a especialidade ( $S_l$ ), preferência de quarto ( $R_{pref_w}$ ).

A organização e a atribuição dos leitos dão-se através de restrições, divididas em obrigatórias e desejáveis. Restrições obrigatórias são aquelas que necessitam ser realizadas. Já as restrições desejáveis não necessariamente precisam ser seguidas. Todavia, quanto mais restrições desejáveis a atribuição seguir, melhor será a qualidade da solução. As restrições obrigatórias são:

- HC1: durante o período de planejamento, o quarto  $R_j$  precisa estar disponível. Um quarto bloqueado (devido à manutenção, reforma, etc.) não pode ser usado.
- HC2: a data de admissão ( $AD_i$ ), a data de alta ( $DD_i$ ) e a duração da estadia de um paciente planejado  $P_i$  não podem ser alteradas pelo escritório de admissão; mas apenas adaptadas pelo médico responsável.
- HC3: para cada admissão de um paciente ( $P_i$ ), o tempo de estadia é contíguo.
- HC4: dois pacientes ( $P_{i1}$ ) e ( $P_{i2}$ ) ( $i_1 \neq i_2$ ) não podem ser atribuídos ao mesmo leito ( $B_{JB}$ ) no mesmo intervalo de tempo ( $N_K$ ).

- HC5: pacientes do sexo feminino e do sexo masculino devem ser atribuídos a quartos adequados ( $R_j$ ), conforme política do hospital.
- HC6: os pacientes ( $P_i$ ) devem ser atribuídos a departamentos ( $D_m$ ) adequados para a sua idade. Os doentes idosos, por exemplo, não devem ser atribuídos a um departamento especializado em pediatria.
- HC7: o tratamento médico de um paciente ( $P_i$ ) pode exigir que o mesmo seja atribuído a uma sala ( $R_j$ ) com equipamento especial. Essas propriedades da sala são obrigatórias para o tratamento.
- HC8: alguns pacientes ( $P_i$ ) necessitam ser atribuídos a uma única sala ( $R_j$ ) por razões médicas (quarentena).

As restrições desejáveis que compõem o modelo são:

- SC1: a escolha do tipo de quarto (individual, semi ou enfermaria) pelo paciente ( $P_i$ ) tem de ser respeitado, quando possível.
- SC2: um paciente ( $P_i$ ) é preferencialmente atendido em um departamento ( $D_m$ ) que possui o material e o pessoal ideal para tratar a doença do enfermo.
- SC3: um paciente ( $P_i$ ) é de preferência atribuído a um quarto ( $R_j$ ) que em algum grau corresponda à especialidade necessária para tratar o quadro clínico do paciente.
- SC4: o tratamento médico de um paciente ( $P_i$ ) pode exigir que o enfermo seja atribuído a uma sala ( $R_j$ ) com equipamento especial. Essas propriedades do quarto são recomendadas para tratar o paciente. Essa é a versão desejável da restrição HC7.
- SC5: o número de transferências não planejadas deve ser minimizado.

A Tabela 5 apresenta os “pesos” de cada restrição, mostrando que o valor de cada uma corresponde a sua relevância perante o hospital.

**Tabela 5: Valor de cada regra correspondente às políticas de admissão do hospital.**

Constraint	Corresponding weight
HC5	5.0
HC6	10.0
HC7	5.0
HC8	10.0
SC1	0.8
SC2	1.0
SC3	1.0
SC4	2.0
SC5	11.0

O objetivo desse modelo é minimizar a soma ponderada do total de atribuições de pacientes para quartos não preferenciais e o número de transferências, apresentada na Equação (11), sendo  $p$  o peso da violação de transferências. Cada paciente ( $P_i$ ) tem de ser atribuído a um quarto durante sua estadia, visualizado na Equação (12).

$$\text{Min} \sum_{ijk} p_{ij} \cdot x_{ijk} + t_{ijk} \quad (11)$$

$$\sum_j x_{ijk} = 1, \forall k = AD_i, \dots, DD_i, \forall i = 1, \dots, P \quad (12)$$

A variável  $x_{ijk}$  representa o valor 1 se o paciente ( $P_i$ ) for atribuído para o quarto  $R_j$  na noite  $N_k$  e caso seja outra situação o valor é 0. A outra variável utilizada nas equações,  $t_{ijk}$ , possui o valor 1 caso o paciente ( $P_i$ ) seja transferido do quarto  $R_j$  para outro quarto na noite  $N_k$  e ou 0, caso não haja transferência.

Um quarto não deve conter mais pacientes do que o número disponível de leitos no dormitório, considerando que todos os pacientes de um quarto devem ter o mesmo gênero. A Equação (13) limita o número de pacientes do sexo feminino por quarto e por intervalo de tempo, enquanto que a Equação (14) limita o número de pacientes do sexo masculino por quarto e intervalo de tempo. Se um quarto acomoda apenas mulheres, o lado direito da Equação (14) torna-se 0 e o contrário também ocorre na Equação (13). A variável  $y_{jk}$  que está presente nas duas equações citadas, possui o valor 1 caso o quarto  $R_j$  na noite  $N_k$  possa acomodar apenas pacientes femininos ou 0, caso o quarto possa receber apenas pacientes masculinos.

$$\sum_{i=1}^f x_{ijk} \leq b_{ijk} y_{jk}, \forall j = 1, \dots, R, \forall k = 1, \dots, T \quad (13)$$

$$\sum_{i=f+1}^p x_{ijk} \leq b_{ijk} (1 - y_{jk'}), \forall j = 1, \dots, R, \forall k = 1, \dots, T \quad (14)$$

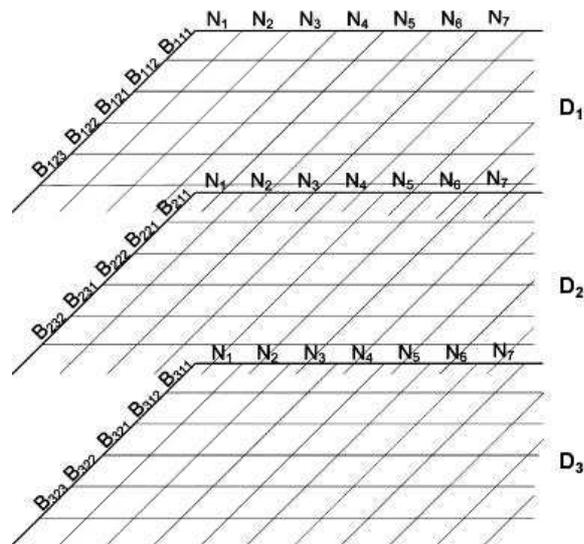
A variável de decisão  $t_{ijk}$  é 1 se o paciente  $i$  é transferido do quarto  $R_i$  para a sala  $R_j$  no tempo  $k$ . Caso contrário, o valor é 0, devendo satisfazer a restrição definida pela Equação (15).

$$t_{ijk} \geq x_{ij,k} - x_{ij,k+1}, \forall i = 1, \dots, p, \forall j = 1, \dots, R, \forall k = AD_i, \dots, DD_i - 1 \quad (15)$$

O segundo algoritmo proposto para atribuir pacientes em leitos hospitalares foi o *Tabu Search*, método utilizado para resolver problemas difíceis no campo da otimização. Contudo, para atender as necessidades dos autores, foram inseridas especificações da busca local no algoritmo, como a representação de uma solução. As soluções podem ser alcançadas a partir de uma solução a partir de um único movimento e possuir uma função de custo. O algoritmo também envolve uma estratégia de diversificação e intensificação. Quando uma solução melhor é encontrada, o comprimento da lista tabu é diminuído e também implementa a pesquisa *token-ring* que altera a ordem das vizinhanças, até um certo número de movimentos não gerar uma melhora.

A solução é representada por um conjunto de matrizes bidimensionais. Cada linha de uma matriz representa uma cama em um departamento. As colunas representam as noites consecutivas. O número de matrizes individuais em uma solução é igual ao número de diferentes departamentos no hospital. A Figura 14 mostra uma representação de um pequeno hospital com três departamentos. Os pacientes são representados como um conjunto ordenado de objetos menores entre as linhas e as colunas.

Figura 14: Valor de cada regra correspondente às políticas de admissão do hospital.



Fonte: Demeester et al., 2010.

A solução só possui dois movimentos com restrições a direções que permitem a reprodução de diversas vizinhanças. O primeiro movimento troca o conteúdo de dois elementos de uma mesma matriz. Se ambos os elementos da matriz possuírem valor, as partes correspondentes do paciente são trocadas. Se, contudo, um dos elementos da matriz possuir um valor e o outro não, o paciente que possui valor é movido para uma cama vazia, se não houver violação de restrições. O segundo movimento altera as permanências dos pacientes para uma posição vazia na vizinhança em outro departamento ou no mesmo, sem violar as regras de internação do hospital.

A função custo avalia uma solução pela soma ponderada das violações das restrições. Quanto menor a violação das restrições, melhor será a solução. Quatro restrições não são avaliadas: a HC4 é sempre satisfeita, devido à representação de uma solução; a restrição HC1 também é sempre satisfeita pelo modelo, já que o mesmo nunca atribui paciente a camas ocupadas; as restrições HC2 e HC3 são sempre satisfeitas também pelo fato do modelo não as violar nesta abordagem. Devido ao fato de que algumas restrições rígidas não podem ser violadas nessa abordagem Tabu, a função de custo não corresponde à função objetivo da formulação de programação inteira.

Foram realizados testes de desempenho do algoritmo *Tabu Search* com uma abordagem *Token-Ring*, com implementações *Variable Neighborhood Descent* (VND). Embora a implementação Programação Inteira resolvesse o problema de selecionar um leito adequado, o tempo para encontrar a primeira solução viável era de aproximadamente 4 horas, inviabilizando o uso em um hospital, já que o modelo precisa responder prontamente a entrada de novos pacientes. O *Tabu Search* apresentou melhores resultados que o VND através de 12 testes:

- Teste 1: É adicionado memória extra para o algoritmo registrar o departamento com uma solução melhor do que a existente no momento. O departamento registrado é então passado para o primeiro vizinho, e a busca continua neste departamento como melhor solução. Esse teste é aplicado a quatro vizinhanças
- Teste 2: A algoritmo vai para o primeiro vizinho quando encontrar uma solução melhor do que a existente. Contudo, ele não registra o departamento em que esta solução foi encontrada. Esse teste é aplicado a quatro vizinhanças.
- Teste 3: O Teste 1 é repetido, porém com apenas 3 vizinhanças.
- Teste 4: O Teste 2 é repetido no Teste 4, exceto que não há mudança do pacinete para outro departamento.
- Teste 5: O Teste 1 é repetido nesse novo teste, porém, com um critério de parada igual a 100.000 iterações.
- Teste 6: O Teste 2 é repetido nesse novo teste, porém, com um critério de parada igual a 100.000 iterações.
- Teste 7: O comprimento máximo na lista *Tabu* é de 100, enquanto o número de movimentos que não são bons é definido para 200.
- Teste 8: O comprimento máximo lista tabu é definido para 300. Contudo, se o algoritmo não encontrar o melhor movimento depois de 1000 testes, o algoritmo altera a vizinhança.
- Teste 9: Nesse teste, os algoritmos são combinados. O comprimento máximo da lista tabu é definido para 120 e o número permitido de movimentos não melhores é de 10. Quando o algoritmo volta para a primeiro vizinhança, ela busca o registro do departamento na memória com a melhor solução.
- Teste 10: Semelhante ao Teste 8, contudo com o valor máximo da lista *Tabu* de 300 e o número máximo de movimento inferiores a melhor solução igual à 1500.
- Teste 11: Semelhante ao Teste 8, contudo com o valor máximo da lista *Tabu* de 120 e o número máximo de movimento inferiores a melhor solução igual à 180.
- Teste 12: Semelhante ao Teste 8, contudo com o valor máximo da lista *Tabu* de 200 e o número máximo de movimento inferiores a melhor solução igual à 800.

A Tabela 6 apresenta o resultado final dos 12 testes, mostrando o custo da melhor solução, a quantidade de iterações para obtê-la e o tempo decorrido para alcançar tal resultado. Cada

teste foi executado 10 vezes, devido à aleatoriedade do processo inicial, com os melhores resultados marcados em negrito. Os tempos de execução apresentam valores altos, entretanto, não há pacientes admitidos ou designados para os quartos no momento dos testes. Essa realidade é diferente em um hospital, onde vários leitos estarão ocupados, diminuindo as possibilidades e consequentemente o tempo.

**Tabela 6: Resultado dos testes entre o algoritmo VND e o TR.**

Test 1: VND			Test 2: VND			Test 3: VND			Test 4: VND		
cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time
2355.2	49,377	3234	2600.2	49,810	3183	2664.6	49,957	1477	2764.4	<b>46,687</b>	<b>1305</b>
2423.8	49,131	3169	2381.8	48,893	3223	2818.2	49,246	1447	2799.2	48,128	1343
2484.8	<b>48,720</b>	3226	<b>2308</b>	49,193	3175	2628.8	48,343	<b>1419</b>	2655	49,430	1385
2423.2	49,900	3328	2389.8	49,106	3119	2601.2	49,238	1458	2650.8	48,292	1366
<b>2332.8</b>	49,720	3267	2472.2	49,073	3176	2532	49,955	1466	2511.2	49,118	1385
2384.2	49,730	3175	2616.6	49,486	3174	2782.8	<b>48,090</b>	1432	<b>2500.4</b>	49,956	1391
2632.2	49,860	3171	2500.2	<b>48,553</b>	<b>3083</b>	2618.8	49,622	1462	2740.6	48,574	1361
2490	48,840	<b>3078</b>	2425.2	49,927	3151	<b>2426.2</b>	49,531	1464	2583.4	49,986	1389
2514.2	49,832	3139	2457.2	49,806	3124	2603.8	49,679	1462	2673.2	47,844	1325
2486.2	49,216	3210	2346.8	49,905	3318	2730.4	49,405	1461	2620.6	49,047	1364
Test 5: VND			Test 6: VND			Test 7: TR(100-200)			Test 8: TR(300-1000)		
cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time
2232.6	96,746	5908	2064.8	<b>95,211</b>	5937	1792	99,361	4844	1672.2	79,923	3841
2329.2	98,463	6031	<b>1917.6</b>	99,911	6011	1832.4	<b>90,586</b>	<b>4249</b>	2013	<b>36,412</b>	<b>1865</b>
2311	97,200	<b>5778</b>	2340.8	97,656	6038	1805.8	99,151	4759	1729.6	86,997	3604
2131	99,089	5913	2156.6	96,389	<b>5694</b>	2035	91,207	4370	1495.4	96,159	4004
2376.8	97,513	6102	2199.4	99,824	6090	1661.8	91,266	4393	1680.4	77,239	3821
<b>2054.4</b>	<b>96,700</b>	6202	2028.8	98,540	6076	1678.8	99,873	4937	1680.4	87,349	3867
2127.4	99,206	6403	2252.6	99,578	6017	1737.2	98,414	4782	1707.8	92,963	4755
2209.6	96,917	5856	2200	99,680	6069	1901.2	92,760	4576	<b>1465.6</b>	93,594	4515
2060.6	99,403	6179	2105.8	97,748	5849	<b>1616.6</b>	98,657	4997	1600.2	53,695	2335
2118.2	98,160	6169	2127	96,645	5917	1861.6	97,860	4612	1700.6	99,917	4413
Test 9: TR+VND			Test 10: TR(300-1500)			Test 11: TR(120-180)			Test 12: TR(200-800)		
cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time	cost	iter.	time
1906.2	97,680	4460	1472.8	91,463	5108	1701	96,726	4796	<b>1607.6</b>	91,197	4409
<b>1806.4</b>	98,624	4425	1687	89,927	4742	<b>1687.6</b>	91,316	4512	1813.4	97,210	3699
2030.2	99,028	4351	1633.4	93,201	4376	1740.2	98,833	4758	1760.2	92,586	4278
2137.6	99,989	4410	<b>1446.4</b>	97,193	4973	1787.2	96,963	4806	1793.6	72,221	3536
1983	96,021	4326	1460.2	86,285	4193	2039.8	99,189	4744	1728.2	97,709	3526
1911	99,585	4510	1578.2	96,073	4766	1883.6	<b>90,767</b>	<b>4354</b>	2105.8	94,513	4418
1837.6	96,596	4454	1514.4	96,794	4696	1978.2	99,709	4717	1694.4	89,477	4224
2044.2	<b>95,179</b>	4276	1558.6	96,073	4413	1821.2	99,478	4857	1738.6	98,581	4890
1838.8	99,531	4381	1686.6	<b>57,068</b>	<b>2470</b>	2037.2	92,228	4394	1718.2	99,888	4642
1836.2	96,271	<b>4245</b>	1519.4	77,205	4341	1745.4	97,022	4780	1679.2	<b>69,467</b>	<b>3293</b>

Fonte: Demeester et al., 2010.

### 3.3 Modeling and solving the dynamic patient admission scheduling problem under uncertainty

O objetivo do trabalho dos autores Ceschia e Schaerf (2012) foi propor uma nova formulação para o problema de admissão nos agendamentos de pacientes, incluindo várias características do mundo real, tais como a presença de pacientes de emergência, a incerteza do tempo de permanência e a possibilidade de atraso nas admissões. A ferramenta foi nomeada de PASU, que significa em inglês *Patient Admission Scheduling Uncertainty*.

O problema consiste na atribuição de pacientes para um número de dias consecutivos iguais ao período de estadia do enfermo. O dia de internação real pode ser maior (mas não menor) do que o de admissão. Para isso, foram selecionadas restrições fortes que devem ser satisfeitas e restrições desejáveis, que podem ser violadas. A Tabela 7 exibe as restrições que devem ser satisfeitas para selecionar um leito e o valor padrão do critério.

**Tabela 7: Critério, tipo de critério a que pertence e valor padrão da restrição correspondente às políticas de admissão do hospital.**

Constraint	Type	Default weight
Room capacity (RC)	Hard	–
Room gender (RG)	Soft	50
Department specialism (DS)	Hard/soft	20
Room features (RF)	Hard/soft	20
Patient age (PA)	Hard	–
Room preference (RP)	Soft	10
Transfer (Tr)	Soft	100
Delay (De)	Soft	2
Overcrowd risk (OR)	Soft	1

Fonte: Ceschia e Schaerf, 2012.

Cada critério representa uma política hospitalar que deve ser seguida para agendar uma admissão:

- RC: capacidade de um quarto atender a um número determinado de pacientes.
- RG: cada quarto tem uma política de gênero, identificada pelos elementos do conjunto  $\{SG, Fe, Ma, All\}$ . Existem quartos que recebem apenas pacientes mulheres (*Fe*). Outra política de quarto (*Ma*) recebe apenas pacientes masculinos. Há também salas que podem ser ocupadas por pacientes de ambos os sexos (*SG*). Entretanto, todos devem ser do mesmo sexo na hora da internação. Os quartos da política (*All*) podem ser ocupados simultaneamente por pacientes de ambos os sexos (por exemplo, unidade de cuidados intensivos).

- DS: um quarto pertence a um determinado departamento que possui leitos especiais para tratamentos de especialidades específicas. Tal critério pode ser obrigatório ou leve, dependendo das características do paciente.
- RF: determinados quartos possuem características diferentes (oxigênio, telemetria, entre outras) necessárias para o tratamento de patologias específicas.
- PA: alguns departamentos são reservados para pacientes de uma determinada faixa etária (por exemplo, pediatria ou gerontologia). Para esses departamentos, há um limite para a idade mínima ou máxima dos pacientes internados.
- RP: existem quatro tipos de quarto, ocupados por uma pessoa, duas pessoas, quatro ou seis pessoas. O paciente pode expressar, com um custo extra, a preferência pelo tipo de quarto que deseja ocupar.
- Tr: conta o número de enfermos internados que são atribuídos a um quarto diferente do anteriormente ocupado.
- De: essa restrição leva em conta o desconforto gerado para o paciente provocado pelo atraso, contando o número de dias.
- OR: esse critério resume o risco de sobrecarga no quarto, levando em consideração o número de pacientes presentes na sala e a capacidade máxima de receber novos enfermos no mesmo período de tempo.
- PRS: o paciente  $p$  não pode ser atribuído ao quarto  $r$  se  $A_{p,r} = 0$ .
- PRC: o valor da penalidade na atribuição de um paciente  $p$  a um quarto  $r$  é igual ao valor de  $C_{p,r}$ .

Cada restrição está associada a uma constante nomeada de peso ( $w$ ), responsável pela sua importância relativa. Em casos práticos, os pesos são atribuídos pelo usuário final, com base na situação específica, regulamentação e política interna do hospital. Todas as restrições (obrigatórias ou desejáveis) relacionadas às características do paciente e ao hospital contribuem com a penalidade de atribuir um determinado paciente a um determinado ambiente através de seus pesos.

Foi desenvolvido um modelo híbrido, utilizando *Integer Linear Programming* (ILP) e um método de busca local, atribuindo pacientes a leitos de forma independente. No método ILP, primeiramente são definidas as restrições de um paciente. As terminologias utilizadas nos conjuntos e nas variáveis das equações do ILP são:

- $P$ : conjunto de pacientes.
- $P_F, P_M$ : conjuntos de pacientes do sexo feminino e masculino, respectivamente.
- $P_H$ : conjunto de pacientes internados, então  $p$  pertence a  $P_H$ .
- $r_p$ : quarto ocupado pelo paciente  $P_H$ .
- $D$ : conjunto de dias.

- $R$ : conjunto de quartos.
- $c_r$ : capacidade do quarto  $r$  que pertence ao conjunto  $R$ .
- $R_{SG}$ : subconjunto de quartos que possui a política de gênero SG.
- $D_p$ : conjunto de dias em que o paciente  $p$  está presente no hospital.
- $P_d$ : conjunto de pacientes presentes no dia  $d$ , que está presente no conjunto  $D_p$ .
- $x_{p,r}$ : variável que possui valor 1 se o paciente  $p$  é atribuído para o quarto  $r$ ; caso contrário, o valor é 0.
- $f_{r,d}$ : variável que possui valor 1 se houver pelo menos um paciente  $p$  do sexo feminino no quarto  $r$  no dia  $d$ ; caso contrário, é 0.
- $m_{r,d}$ : variável que possui valor 1 se houver pelo menos um paciente  $p$  do sexo masculino no quarto  $r$  no dia  $d$ ; caso contrário, o valor é 0.
- $b_{r,d}$ : variável que possui valor 1 se houver ambos pacientes do sexo masculino e feminino no quarto  $r$  no dia  $d$ ; caso não seja verdadeira, o valor é 0.
- $y_{r,d}$ : variável que possui valor 1 se o quarto  $r$  estiver superlotado no dia  $d$ ; caso contrário, o valor é 0.

A Equação (16) assegura que cada paciente foi atribuído exatamente a um quarto. A Equação (17) garante que os quartos não estão sobrecarregados (RC). A Equação (18) evita atribuições inviáveis devido à inadequação do quarto para o paciente (PRS).

$$\sum_{r \in R} x_{p,r} = 1, \forall p \in P \quad (16)$$

$$\sum_{p \in P_d} x_{p,r} \leq c_r, \forall d \in D, r \in R \quad (17)$$

$$x_{p,r} \leq A_{p,r} \forall p \in P, r \in R \quad (18)$$

As Equações (19) e (20) relacionam as variáveis auxiliares  $f$  e  $m$  a  $x$ , sempre que uma mulher ( $f$ ) ou homem ( $m$ ) está no quarto. Em seguida, todas as variáveis  $f$  ou  $m$  correspondentes aos dias  $d \in D_p$  devem ser definidas para o valor 1. A Equação (21) relaciona  $b$  para  $m$  e  $f$ , implicando que se  $m$  e  $f$  são ambos 1, então  $b$  deve ser 1.

$$f_{r,d} \geq x_{p,r} \quad \forall p \in P_f, r \in R, d \in D_p \quad (19)$$

$$m_{r,d} \geq x_{p,r} \quad \forall p \in P_m, r \in R, d \in D_p \quad (20)$$

$$b_{r,d} \geq m_{r,d} + f_{r,d} - 1 \quad \forall r \in R, d \in D \quad (21)$$

A definição das restrições relativas  $y$  para  $x$  é exibida na Equação (22). O  $P_d^+$  representa o conjunto de pacientes potencialmente presentes no dia  $d$ , ou seja, os pacientes presentes no dia  $d$  mais aqueles presentes no dia  $d - 1$ , com o risco de um excesso de permanência. Intuitivamente, quando  $y_{r,d}$  é igual a 1, a variável  $x_{p,r}$  pode assumir qualquer valor.

Inversamente, quando  $y_{r,d}$  é igual 0, em seguida, pelo menos  $|P_d^+| - c_r$  do  $x$  envolvido deve ter o valor 0.

$$\sum_{p \in P_d^+} \overline{x_{p,r}} \geq (|P_d^+| - c_r) \cdot (1 - y_{r,d}) \quad \forall d \in D, r \in R \quad (22)$$

A função objetivo do modelo é definida na Equação (23). Os três componentes de  $F$  referem-se às restrições RPC, RG, e OR. A Equação (24) representa o custo de atribuição paciente-leito. A equação (25) representa o número de quartos ocupados por ambos pacientes masculinos e femininos. A Equação (26) estima o risco de superlotação.

$$F = F_{PRC} + F_{RG} + F_{OR} \quad (23)$$

$$F_{PRC} = \sum_{p \in P, r \in R} C_{p,r} X_{p,r} |D_p| \quad (24)$$

$$F_{RG} = \sum_{r \in R_{SG}, d \in D} w_{RG} b_{r,d} \quad (25)$$

$$F_{OR} = \sum_{r \in R, d \in D} w_{OR} b_{r,d} \quad (26)$$

O segundo algoritmo baseado na vizinhança realiza uma busca em dois vetores a fim de atribuir pacientes a leitos, utilizando a função custo. Primeiramente, o espaço da busca é representado por dois vetores de valores inteiros  $|P|$ . O primeiro vetor representa o quarto atribuído a cada enfermo; o segundo é o atraso do paciente. A partir desses espaços, são removidos os estados que violem a restrição PRS. Contudo, a restrição RC pode ser violada e ser atendida na função custo. A função de custo  $f$  inclui as restrições do problema PASU: RG, PRC, OR e De, levando-se em conta a variável peso  $w$  com seu apropriado valor.

O algoritmo proposto é composto de três movimentos básicos. Os dois primeiros representam atribuições de quarto: o primeiro responsável pela mudança de um quarto atribuído a um paciente (representado pelo símbolo  $CR$ , em inglês *Change Room*) e o segundo pela troca de quartos entre dois pacientes (representado pelo símbolo  $SP$ , em inglês *Swap Patients*). O último movimento é utilizado para explorar o espaço de busca em que admissões podem ser adiadas (representado pelo símbolo  $S$ , em inglês *Shift*), deslocando a admissão de um paciente para frente ou para trás por um dia.

A busca em vizinhança completa é representada por  $CR \oplus SP \oplus S$ , onde o símbolo  $\oplus$  representa a união dos estados, excluindo movimentos que levem para fora do espaço de busca do algoritmo, tal como atribuir um paciente em um quarto ( $SP$ ) que não satisfaça as restrições PRS, ou utilize o movimento  $S$  para mudar a admissão de um paciente que ultrapasse o atraso máximo permitido.

Os experimentos com a técnica ILP geraram bons resultados. Contudo, dependendo do comprimento do horizonte, o tempo de execução pode levar dias. O segundo algoritmo também apresentou bons resultados, entretanto só foi possível comparar com a ILP em casos de pequeno porte. A diferença no resultado final entre as duas técnicas foi baixa, destacando-se apenas a diferença de tempo entre elas, onde a busca em vizinhança executou os testes em um

tempo menor. Nos outros casos, quando o porte é maior, o segundo algoritmo também apresentou resultados competitivos.

### 3.4 Analysis of hospital bed capacity via queuing theory and simulation

Em Belo Horizonte/Brasil, os autores (PINTO et al., 2014) propuseram um novo modelo de filas para estimar a quantidade de leitos por pessoa na cidade e compararam os resultados obtidos com os dados reais do período de 2012, fornecidas pelo SUS.

O sistema de admissão de pacientes em hospitais públicos em Belo Horizonte é centralizado. Uma central gerencia os leitos, melhorando a distribuição e evitando filas. Todavia, esse sistema abrange apenas 39% dos hospitais da cidade. O objetivo do sistema público de saúde (SUS) é proporcionar uma central de atendimento para todos os pacientes. Contudo, isso não é possível por uma série de fatores, como problemas logísticos, falta de um sistema de informação centralizado e uma análise quantitativa dos ganhos da centralização. É nesse último fator que o artigo se foca.

A técnica proposta inclui as categorias de leitos hospitalares que levam em consideração características relacionadas ao procedimento, como idade, doença, hospital, taxa de chegada e sazonalidade. O número de camas é estimado usando a teoria das filas e a ocupação pode variar de acordo com o hospital. Os leitos foram divididos em onze tipos: leitos neonatais, leitos pediátricos, leitos adultos, leitos cirúrgicos pediátricos, leitos cirúrgicos adultos, leitos obstétricos, leitos psiquiátricos, outros leitos (para pacientes com doenças crônicas, reabilitação e outros), leitos UTI neonatal, leitos UTI pediátrico, leitos UTI adulto.

Como a taxa de ocupação varia de acordo com a especialidade, é necessário calculá-la. A taxa de ocupação média depende da quantidade total de leitos que um hospital possui. No entanto, ela não pode exceder 90% para evitar alta taxa de recusa. Para os hospitais com até 100 leitos, a taxa de ocupação pode ser calculada pela Equação (27). Para os hospitais com mais de 100 e menos de 1.000 leitos, usa-se a Equação (28). Nas Equações (27) e (28),  $\rho$  é a taxa de ocupação (%) e  $NB$  é o número de leitos hospitalares.

A entrada de pacientes em um hospital segue um processo Poisson, possibilitando determinar o número de leitos necessários para cada especialidade, usando-se a Equação (29). O parâmetro  $NB_s$  representa o número de leitos necessários durante um determinado período;  $\Lambda_s$  é a demanda anual;  $T_s$  é a média do tempo que o paciente fica hospitalizado;  $\rho_s$  representa a taxa de ocupação desejada por cada hospital, ou grupo de leitos e o 365 é o valor do período em dias.

$$\rho = 18.726 \ln(NB) - 9.4039 \quad (27)$$

$$\rho = 7.45608 \ln(NB) - 42.484 \quad (28)$$

$$NB_s = \frac{\Lambda_s \cdot T_s}{365 \cdot \rho_s} \quad (29)$$

Foi desenvolvido um modelo de simulação para analisar o desempenho do sistema em vários cenários, inclusive o obtido pelo modelo de filas. O modelo desenvolvido possui dois módulos: chegada de pacientes e sua distribuição por categoria e a internação de pacientes. A Equação (30) representa o objetivo de minimizar o número total de camas de  $N$ . Utilizando-se dessa técnica, foi possível comparar a quantidade de leitos necessária para o estado atual da cidade com uma demanda 100% centralizada e outra não centralizada. A diferença foi de 1358 leitos a mais em um gerenciamento não centralizado.

$$\text{Min } N = \sum_{s=1}^n NB_s \quad (30)$$

### 3.5 Comparação entre os trabalhos relacionados

A pesquisa sobre Gerenciamento de Leitos na admissão de pacientes buscou modelos que atuassem em todos os níveis (estratégico, tático e operacional), com pacientes eletivos e não eletivos, usando informações contextuais dos enfermos e do hospital para atribuí-los em leitos adequados a seus tratamentos, fazendo uso do modelo cognitivo SA para a tomada de decisão. Através desses critérios, foram selecionados quatro trabalhos acadêmicos, cujos modelos apresentaram técnicas e informações contextuais que compõem este trabalho.

As técnicas utilizadas nos trabalhos relacionados têm como objetivo aprimorar a qualidade de atendimento aos pacientes, auxiliando o hospital na tomada de decisão a fim de evitar a estadia de um paciente em quarto inadequado ao seu tratamento. Um paciente alocado em uma cama imprópria pode causar erros de logística para todas as equipes no deslocamento e nos recursos. Os pacientes podem ser admitidos no hospital através do departamento de emergência ou de uma lista de espera de pacientes agendados, causando incerteza no processo de decisão.

Contudo, Tsai e Lin (2014) e Demeester et al. (2010) focaram no gerenciamento de pacientes eletivos a nível operacional, utilizando contextos e técnicas diferentes. Já Ceschia e Schaerf (2012) consideraram em seu modelo os dois tipos de pacientes (eletivos e não eletivos) a nível operacional, utilizando informações contextuais e técnicas diferentes dos demais. Pinto et al. (2014) desenvolveram um modelo a nível estratégico para a gestão de leitos, auxiliando a tomada de decisão dos gestores e informando o número ideal de leitos que um ou vários hospitais necessitam para atender os pacientes.

A Tabela 8 apresenta um resumo dos aspectos técnicos de cada artigo, com quinze variáveis de comparação:

- **Área do gerenciamento de leito:** representa a fase do Gerenciamento de Leito (citado na seção 2.1.1 do Capítulo 2);
- **Paciente:** tipo de paciente que o trabalho atende em sua pesquisa. São eles:

- Eletivo: paciente que possui sua estadia agendada previamente para algum tipo de tratamento;
- Não eletivo: paciente vindo da emergência que pode ser admitido a qualquer momento;
- **Híbrido:** informa se o modelo proposto pelos autores é híbrido, possuindo duas ou mais técnicas;
- **Atuam em conjunto:** informa se as técnicas utilizadas do modelo híbrido atuam em conjunto na seleção de leitos para os pacientes;
- **Técnica:** técnica(s) utilizada(s) pelo modelo para atingir o objetivo proposto no trabalho;
- **Nível:** nível de planejamento utilizado na pesquisa para alocar pacientes, dividido em três níveis (VISSERS et al., 2007):
  - Estratégico: planeja a alocação de pacientes e recursos a um nível macro, ajustando objetivos e planejando a utilização de recursos.
  - Tático: projeta ações para as admissões futuras, verificando a quantidade de recursos que vão ser utilizados, organizando os pacientes que serão admitidos e planejando diretrizes a nível operacional.
  - Operacional: planeja ações diárias e executa diretrizes propostas a nível tático.
- **Especialidade:** informação contextual que representa a área de atuação do médico que solicitou a internação. É uma importante informação na seleção do tipo de leito;
- **Gênero:** informação contextual do paciente (feminino ou masculino) necessária para atribuí-lo em um leito que não inflija a política hospitalar de internação;
- **Idade:** informação contextual do paciente necessária para alocar o paciente recém-nascido, criança, adulto ou idoso no departamento hospitalar correto;
- **Acomodação:** informação contextual do paciente que representa a preferência de quarto no momento da internação, podendo ser privativo ou semi com duas, quatro ou seis pessoas ao mesmo tempo no quarto. Os tipos de acomodações dependem da política hospitalar da instituição;
- **Preferência:** representa o nível de importância utilizado pelo modelo na preferência do tipo de acomodação do paciente no momento da alocação;
- **Riscos:** informação contextual do paciente utilizado para isolá-lo de outros enfermos caso o mesmo possua uma doença infectocontagiosa, risco de suicídio, entre outros fatores;

- **Grau de dependência:** informação contextual do paciente referente a algum tipo de equipamento ou cuidado médico diferencial que se localize em um departamento específico;
- **Tempo de internação:** informação contextual do enfermo utilizada na seleção de leitos para pacientes eletivos/agendados, informando o tempo de estadia do paciente no leito;
- **Tipo de admissão:** informação contextual do paciente referente ao tipo de tratamento que levou a internação, tal como uma cirurgia ou tratamento médico;
- **Status do leito:** informação contextual do hospital referente à ocupação de um quarto hospitalar. Caso ele esteja sobrecarregado, o estado é ocupado; caso não esteja, é livre;
- **Política de gêneros no quarto:** informação contextual do hospital referente às regras de atribuição paciente/leito. Existem diversos tipos de quartos em hospitais que possuem determinadas políticas de admissão. Dependendo da regra, alguns quartos só recebem homens, outras somente mulheres. Há também quartos que recebem ambos os sexos, mas não ao mesmo tempo e quartos que podem ser ocupados por pacientes de ambos os gêneros ao mesmo tempo;
- **Atraso/dias de espera:** informação contextual do paciente referente aos dias de espera após a data atual transcender data de admissão, ocasionando desconforto ao mesmo.

### 3.6 Oportunidade de pesquisa

Verificou-se que todos os artigos apresentaram foco no apoio à decisão, auxiliando o responsável do setor na escolha de um leito adequado para o tratamento do enfermo. Além disso, os trabalhos apresentaram contribuições científicas que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho. Todavia, diante dos artigos estudados, foi possível identificar lacunas que poderiam abrir novas oportunidades de pesquisa.

O trabalho de Pinto et al. (2014) buscou solucionar um problema em diversos hospitais, prevendo a quantidade de leitos adequados para atender a população local. Utilizando a técnica de Teoria de Filas da Pesquisa Operacional, o modelo atuou em nível estratégico buscando preparar o melhor ambiente para futuras pesquisas na tática e operacional. Ceschia e Schaerf (2012) e Demeester et al. (2010) propuseram agendar a alocação de um paciente em um determinado leito adequado à sua doença em um determinado dia.

Contudo, o Hospital Mãe de Deus em Porto Alegre, cujo trabalho foi avaliado, não permite esse tipo de agendamento. O hospital emprega a política de não agendar um quarto para datas futuras porque os enfermos eletivos e não eletivos ocupam os mesmos quartos e o tempo de internação de um paciente é muitas vezes incerto, principalmente os advindos da emergência. Além disso, a taxa de ocupação dos leitos está quase sempre acima de 90%

durante a semana. O paciente eletivo é agendado em um determinado dia para ser internado no hospital. Entretanto, ele vai para uma lista de espera para aguardar sua internação. O modelo de Tsai e Lin (2014) segue o mesmo padrão de alocação que o Hospital Mãe de Deus, atribuindo leitos para os pacientes eletivos em uma lista de espera. O modelo proposto neste trabalho recebe pacientes eletivos e emergências e os atribui em camas conforme a sua doença utilizando a técnica SA. Contudo, a ordem de atribuição dos enfermos é do responsável da área.

**Tabela 8: Comparação entre os trabalhos sobre Gerenciamento de Leitos.**

Artigo		Demeester et al. (2010)		Ceschia e Schaerf. (2012)		Tsai e Lin. (2014)		Pinto et al. (2014)	
Área do Gerenciamento de Leito		Alocação		Alocação		Alocação		Alocação	
Paciente		Eletivo		Não Eletivo/Eletivo		Eletivo		Não Eletivo/Eletivo	
Híbrido	Atuam em Conjunto	Sim	Não	Sim	Não	Não	N/A	Não	N/A
Técnica		Programação Inteira/Tabu		ILP/Busca em Vizinhança		MAVT		Filas – Poisson	
Nível		Operacional		Operacional		Operacional		Estratégico	
Especialidade		Sim		Sim		Sim		Sim	
Gênero		Sim		Sim		Não		Não	
Idade		Sim		Sim		Não		Não	
Acomodaçã	Preferên	Sim	Fraco	Sim	Fraco	Sim	Fraco	Não	N/A
Riscos		Sim		Não		Não		Não	
Grau de Dependência		Sim		Sim		Não		Não	
Tempo de Internação		Sim		Sim		Não		Sim	
Tipo de Admissão		Não		Não		Sim		Não	
Status do Leito		Sim		Sim		Sim		Não	
Política de Gêneros no Quarto		Sim		Sim		Não		Não	
Atraso/Dias de espera		Não		Sim		Sim		Não	

Fonte: elaborado pelo autor.

Os três trabalhos apresentados atuam a nível operacional. O tipo de quarto é da preferência do enfermo. No entanto, possui baixa prioridade no processo de decisão dos modelos de Demeester et al. (2010) e Tsai e Lin (2014). No trabalho de Ceschia e Schaerf (2012), a preferência no apoio à decisão não é obrigatória. Contudo, essa informação é um dos principais fatores na escolha do quarto no Hospital Mãe de Deus por receber apenas pacientes particulares e de planos privados. Se o hospital não internar o paciente no quarto contratado com a operadora de saúde, a instituição de saúde pode ter perdas de recursos financeiros. Essa perda pode ser ocasionada por transferir pacientes para quartos com mais recursos do que o contratado, impedindo posteriormente a entrada de outros pacientes que

possuem em seu plano a possibilidade de usar tal quarto. Entretanto, alocar um paciente para um quarto com menos recursos do que o contratado pode causar perdas de credibilidade e financeiras à instituição, através de processos judiciais. O contexto ‘Tipo de Acomodação’, que representa o tipo de quarto contratado na operadora de saúde, possui alta prioridade no modelo proposto.

Esta pesquisa abordou todos os contextos utilizados nos trabalhos relacionados, apresentados na Tabela 8, com exceção do Atraso/Dias de Espera. Esse contexto foi removido devido à restrição de agendamentos a datas futuras pelo hospital e também pelos pacientes da lista de espera não aguardarem mais de vinte e quatro horas para serem atribuídos a leitos de internação. Os modelos dos autores Ceschia e Schaerf (2012) e Demeester et al. (2010) apresentaram duas técnicas para as atribuições, gerando modelos híbridos. Essa escolha se deve à capacidade de modelos híbridos lidarem com um amplo espectro de problemas complexos do mundo real, tornando-se, assim, cada vez mais presente em pesquisas científicas (ABRAHAM; PEDRYCZ, 2008). Nessa assertiva, a fim de conseguir ser mais efetivo em sua proposta, o presente trabalho utilizou um modelo híbrido para apoiar o processo de decisão.

A proposta foi desenvolver um novo modelo híbrido de Gerenciamento de Leitos, utilizando-se da Ciência de Situação para alocar os pacientes eletivos e emergenciais em leitos adequados, de acordo com as informações contextuais do estado de saúde do paciente e leitos hospitalares, apresentados na Tabela 8. Contudo, o plano de saúde representou uma restrição que precisou ser considerada. As técnicas do modelo híbrido utilizadas para a atribuição foram a MAVT e a Rede Neural Artificial MLP por usarem informações de entrada, contextos para selecionar ou ordenar o resultado final. A MAVT é uma técnica apropriada para situações com múltiplos critérios de decisão e foi utilizado por Tsai e Lin (2014) em seu modelo para atribuição de pacientes, apresentando uma assertividade de 92%. A Rede Neural Artificial MLP, embora não tenha sido apresentado neste capítulo por não haver um modelo que o utilize com o propósito deste trabalho, apresentou uma taxa de assertividade de 86,6% no modelo de Karamanli et al. (2016). Esses autores usaram-no como técnica em conjunto com a Ciência de Situação para diagnosticar a apneia do sono, utilizando diversas informações contextuais do paciente.



## 4 MODELO IMBEDS

Este capítulo apresenta o modelo proposto neste trabalho, intitulado de IMBEDS (*Intelligent Management Beds*). Esse modelo teve como proposta a seleção do leito adequado para o tratamento de pacientes eletivos e não eletivos de um hospital, combinando o Gerenciamento de Leitos com a Ciência de Situação em um modelo híbrido que utilizou as técnicas Rede Neural Artificial MLP e MAVT em conjunto no apoio à tomada decisão. Disponibilizado na forma de serviço, o modelo apresenta uma arquitetura que separa as técnicas utilizadas. Nas próximas seções, é descrito com detalhes o funcionamento da arquitetura. A seção 4.1 apresenta uma visão geral do modelo, as seções 4.2 e 4.3 detalham a arquitetura através das técnicas utilizadas e, por último, a seção 4.4 descreve a utilização do modelo.

### 4.1 Arquitetura proposta

O IMBEDS tem como objetivo unir duas áreas de pesquisa, o Gerenciamento de Leitos e a Ciência de Situação, proporcionando uma ferramenta para apoio à decisão de gestores de leitos, que pode ser usado em qualquer dispositivo móvel ou software de gestão do hospital. Dessa forma, o modelo foi projetado como um serviço web, utilizando as técnicas de Redes Neurais Artificiais e Teoria de Valor Multiatributo para a tomada de decisão.

Uma arquitetura, segundo a Microsoft (2015), deve ser baseada em componentes; centrar-se na decomposição do projeto em componentes funcionais ou lógicos, divididos em camadas; possuir como principais características a alta coesão e o fraco acoplamento; e favorecer a evolução da aplicação com novas camadas. A arquitetura principal do IMBEDS deve refletir as características citadas pela Microsoft, possuindo as camadas por métodos, permitindo que o sistema possa alterar ou receber novas técnicas em trabalhos futuros. Cada técnica possui sua própria arquitetura interna, diminuindo o acoplamento das camadas e possibilitando, assim, a manutenção evolutiva do modelo.

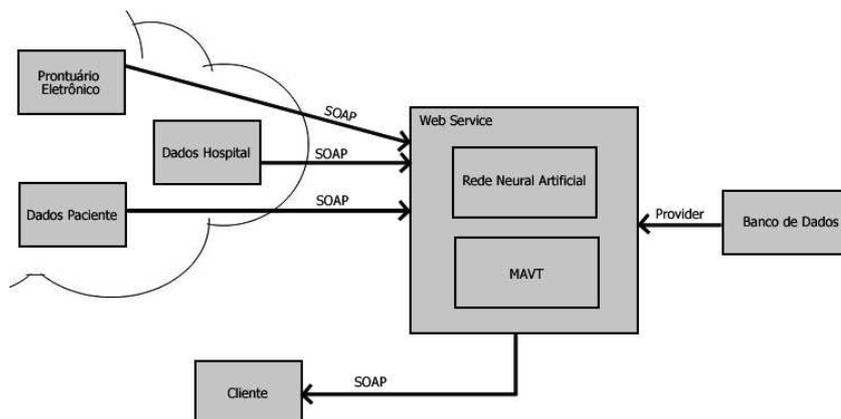
O IMBEDS possui duas camadas principais que recebem o título das técnicas, incorporadas no serviço web, conhecido em inglês como *web service*, visualizado na Figura 15. As informações contextuais do enfermo e das camas advêm de solicitações a serviços web do hospital onde o modelo atua, utilizando o protocolo SOAP. Para carregar as informações técnicas dos métodos de seleção de pacientes, o modelo faz requisições através de providers<sup>1</sup> para o banco de dados, inserindo informações no momento do treinamento da rede e carregando dados técnicos (peso dos neurônios e histórico dos leitos) para o funcionamento dos métodos de apoio à decisão.

---

<sup>1</sup> <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/dd363565.aspx?f=255&MSPPError=-2147217396>

Este trabalho teve o intuito de disponibilizar o modelo de Gerenciamento de Leitos através desse serviço. Essa proposta favorece a interoperabilidade entre aplicações; utiliza tecnologias como HTTP e XML; permite que diferentes aplicações de várias plataformas possam usufruir do IMBEDS. As próximas seções descrevem detalhadamente o funcionamento de cada camada.

**Figura 15: Arquitetura geral do modelo IMBEDS.**



Fonte: elaborado pelo autor.

## 4.2 Alocação de leitos com Redes Neurais Artificiais

Uma das técnicas escolhida para o auxílio na tomada de decisão foi a Rede Neural Artificial. Essa rede caracteriza-se pela resolução de problemas complexos, reconhecimento de padrões e grande aplicabilidade na indústria aeroespacial, indústria automotiva, sistemas bancários, entretenimento, financeiro, petróleo e gás, telecomunicações e transporte (HAGAN et al. 1996). A RNA utilizada no modelo IMBEDS é o *Multilayer Perceptron* (MLP). O MLP é uma rede *feedforward* (rede progressiva, em que a saída de um neurônio conecta-se com outro neurônio da próxima camada) formado por um conjunto de neurônios denominados “nós” (GARDNER; DORLING, 1998). A rede possui uma camada de entrada (sem função computacional), uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. Essa técnica permite prever resultados não lineares separáveis, necessitando de um algoritmo de treino supervisionado para regular os pesos sinápticos que interconectam os neurônios.

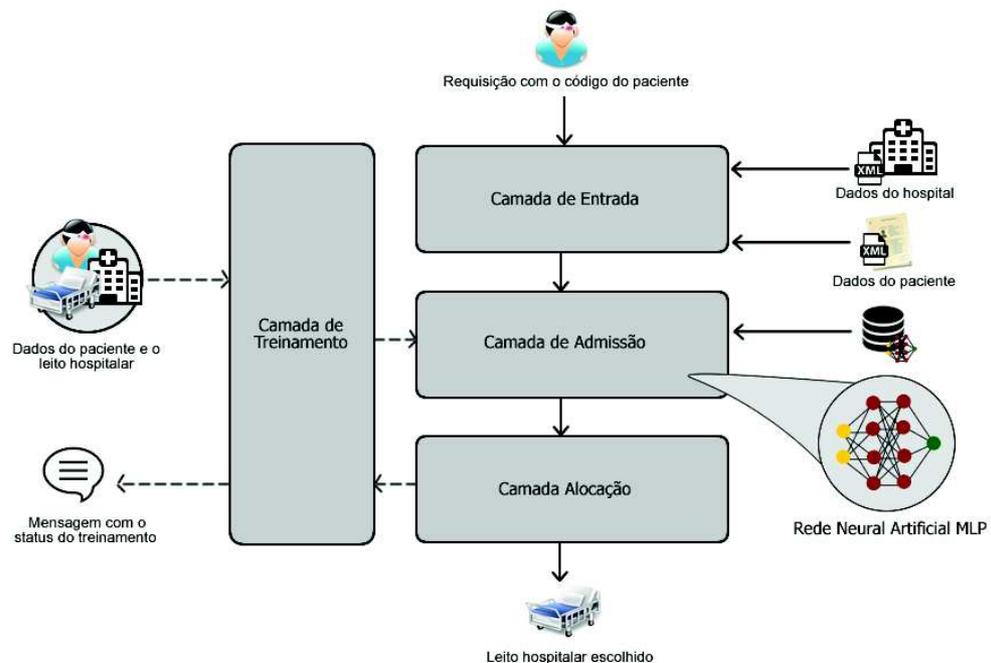
A RNA possui sua própria arquitetura, o que permite manutenção evolutiva da técnica independente da arquitetura do modelo. Na Figura 16, é possível observar a estrutura da técnica, que possui quatro camadas, com as quais interage:

- Camada de Entrada: recebe uma requisição do cliente com alguns parâmetros que permite buscar os dados do paciente e do hospital externamente, através de um serviço web, entregando posteriormente na forma numérica para a Camada de Admissão;

- Camada de Admissão: responsável pela lógica do modelo. Possui um RNA que busca encontrar o leito certo para o paciente adequado, comunicando-se com a Camada de Alocação;
- Camada de Alocação: utilizada para devolver a requisição do cliente com o resultado final do processo ou enviar para a Camada de Treinamento;
- Camada de Treinamento: tem como propósito treinar a Rede Neural Artificial que está presente na camada central do modelo, utilizando o algoritmo *backpropagation*. Ela recebe os dados de entrada e o resultado final, e os transporta para a RNA que irá corrigir os valores dos neurônios até o resultado final ser igual ao recebido.

Na Figura 15, pode-se visualizar as camadas do modelo e suas respectivas interações.

**Figura 16: Representação da arquitetura utilizado na técnica RNA.**

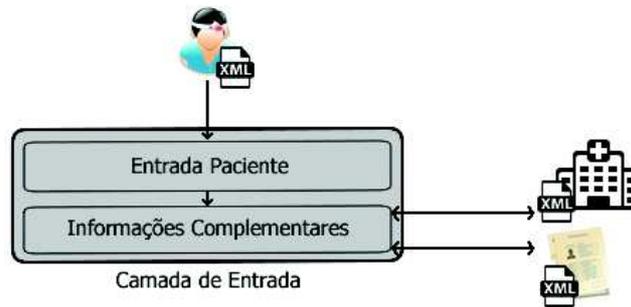


Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.1 Camada de Entrada

A Camada de Entrada é responsável por receber os dados do modelo e repassá-los para a Camada de Admissão. Essa camada possui duas subcamadas: a primeira é a subcamada chamada Entrada Paciente (EP), que recebe os dados da aplicação cliente via *web service* com o protocolo SOAP para a troca de mensagens; e a segunda é a subcamada Informações Complementares (IC), que busca os dados necessários para a Camada de Admissão via *web services* de hospitais, utilizando os dados da subcamada anterior como parâmetro de busca.

Figura 17: Funcionamento da Camada de Entrada.



Fonte: elaborado pelo autor.

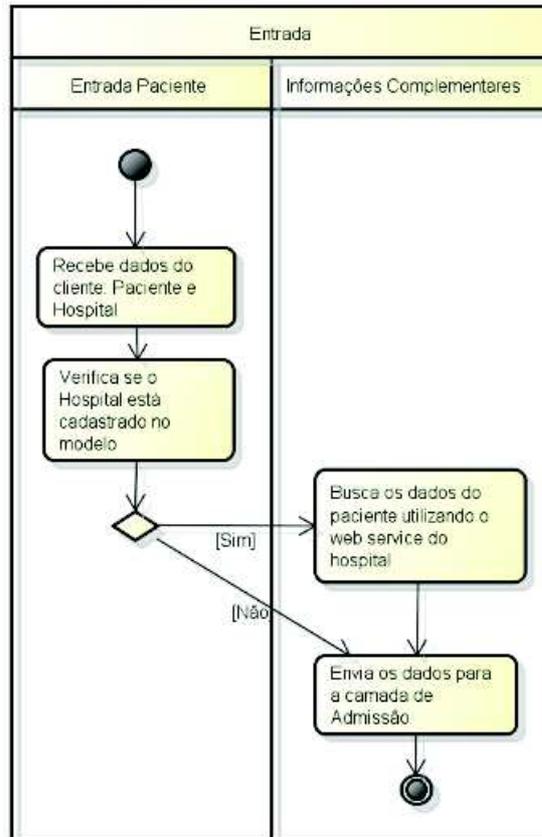
A primeira subcamada recebe do cliente dois parâmetros: nome completo do paciente e o nome hospital. Toda complexidade do modelo é abstraída do cliente quando ele repassa apenas esses dados. A subcamada denominada Informações Complementares utilizará as informações nome do paciente e hospital como parâmetros na chamada de serviços externos. O nome do paciente é necessário para buscar os dados pessoais do cliente cadastrado em um determinado hospital, seu histórico e o prontuário eletrônico. Como o objetivo do modelo é ser fracamente acoplado e permitir evolução constante, uma das principais características é não possuir um hospital específico no modelo.

Quando a subcamada Entrada Paciente recebe o nome do hospital, ela verifica se existe algum serviço para aquele determinado hospital. Essa verificação é feita através da comparação do nome do hospital recebido com os valores de uma lista em um arquivo de configuração XML, dentro do modelo. Nessa lista, também há as URLs dos serviços de cada hospital. Após a verificação retornar um item (nome e as URLs dos serviços), a subcamada EP repassa para a IC os dados do hospital. Se a verificação não retornar nada, os dados são repassados para a Camada de Admissão como nulos. Os passos da Camada de Entrada são demonstrados no diagrama de atividades da Figura 18.

A subcamada Informações Complementares realiza três buscas em *web services* externos, utiliza o protocolo SOAP para comunicação e envia o nome do paciente e do hospital como parâmetros. O primeiro serviço a ser chamado pelo IMBEDS é o grupo de dados pessoais do paciente. Para realizar essa requisição, o modelo precisa enviar como parâmetro o nome completo do paciente. A resposta dessa requisição necessita da idade do paciente, sexo e acomodação (privativo ou semiprivativo). O segundo serviço precisa dos dados médicos do paciente advindos de um prontuário eletrônico. Novamente, é necessário enviar como parâmetro da requisição o nome completo do paciente. Não existe restrição para qual modelo de prontuário eletrônico deva ser. O modelo precisa apenas de algumas informações como especialidade, tipo de internação (cirúrgico, tratamento médico), tempo de internação e data de entrada. É importante salientar que um paciente pode ter vários prontuários, mas o serviço deve buscar o último ativo do paciente, sem alta.

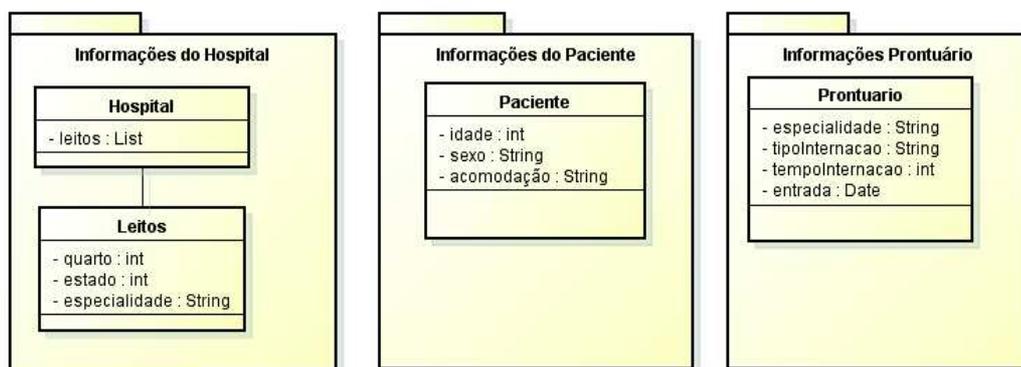
A última requisição que a camada faz é a busca pelas informações do hospital, esperando receber a lista com todos os leitos, as especialidades de cada um e o seu estado (ocupado, livre, em manutenção). Diferente dos outros dois serviços, essa requisição não necessita de parâmetros, já que cada hospital possui uma URL, que é única. A Figura 19 mostra as informações necessárias que cada serviço deve possuir e seu respectivo tipo.

**Figura 18: Diagrama de atividades da Camada de Entrada.**



Fonte: elaborado pelo autor.

**Figura 19: Parâmetros que o IMBEDS precisa receber e os seus respectivos tipos.**



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.2 Camada de Admissão

O objetivo da Camada de Admissão é retornar um leito disponível para o paciente eletivo. A Rede Neural Artificial possui oito fontes na camada de entrada e apenas um neurônio na camada de saída. O número de camadas ocultas e neurônios contidos nelas são determinados no período de avaliação do modelo, verificando qual a quantidade de células nervosas retorna o menor erro, no menor tempo de processamento. Cada parâmetro de entrada na RNA representa uma característica do paciente decisiva para a escolha final do leito, sendo eles: acomodação, especialidade, sexo, tipo de internação, risco, grau de dependência, idade e tempo de internação. A escolha dessas características, como fundamental para o processo de decisão, partiu de uma entrevista com o responsável pela gestão de leitos no hospital testado.

- Acomodação: é um dos principais atributos no processo de escolha de um leito. Ele representa o tipo de quarto que o paciente ocupará em sua estadia, a partir do seu plano de saúde. O hospital prioriza a acomodação. Como o leito é um recurso escasso, quando mal ocupado, pode dificultar a entrada de novos pacientes. Um exemplo de um leito mal ocupado é quando um paciente privativo ocupa um quarto semiprivativo por não haver leitos privativos livres no momento. Isso impedirá a entrada de dois novos pacientes semiprivativos.
- Especialidade: representa a área de atuação do médico que solicitou o leito. É uma importante informação para a tomada de decisão por existirem leitos específicos para determinadas especialidades como oncologia, traumatologia, cardiologia, entre outras.
- Sexo: é um fator decisivo para acomodar um paciente se ele for semiprivativo, ou seja, um quarto que possui dois leitos só poderá ser ocupado por pessoas do mesmo sexo. O sexo também é um fator decisivo no processo de alocação de um paciente quando os leitos da especialidade do enfermo estão ocupados e só restam quartos em outra seção de outra especialidade, mas essa área possui similaridade de gênero com a do enfermo. Essa situação não é a ideal. Contudo, em momentos de alta ocupação, os pacientes precisam de tratamento e não podem esperar muito até um leito de sua especialidade vagar.
- Tipo de internação: representa qual tratamento o paciente requer do hospital (cirúrgico, clínico, obstétrico) e por qual seção do hospital ele entrou (eletivo ou urgência). No processo de alocação, a informação relevante na tomada de decisão é o tratamento que o paciente realizará.
- Risco: representa uma particularidade do paciente internado. Esse risco pode ser uma doença infectocontagiosa, algum problema psicológico que aumente a probabilidade de suicídio, paciente agitado, entre outros. No caso de pacientes com problemas psicológicos, o hospital provê leitos específicos com grades nas janelas, tomadas cobertas, fios curtos e outras características que impeçam o suicídio.
- Grau de dependência: em alguns casos, o paciente necessita de algum tratamento específico devido à sua condição física, como a utilização de fraldas, atendimento

especial, obesidade, entre outros. Quando isso ocorre, o paciente é encaminhado para leitos com enfermeiros preparados para essas situações.

- Idade: é um fator utilizado na alocação de leitos semiprivativos, quando é possível buscar perfis semelhantes (jovens, adultos, idosos) na ocupação de um quarto.
- Tempo de internação: é importante para o hospital saber quando o paciente vai liberar o leito para um novo paciente. Assim, é possível atribuir pacientes semiprivativos com o mesmo tempo de estadia no quarto. Contudo, essa informação é relativa e nem sempre o médico informa uma previsão devido ao estado do paciente.

As informações advindas da Camada de Entrada são convertidas em dados do tipo ‘intervalar’, números contínuos, para que possam ser processados pela RNA. A amplitude dos valores de entrada ficará entre 0 e +1. Nas Tabelas 9 e 10, é possível visualizar um exemplo dos dados selecionados para a rede neural e seus valores convertidos para números. O resultado do neurônio de saída é o leito adequado para o tratamento do paciente.

**Tabela 9: Exemplo de alguns valores enviados para a Camada de Entrada RNA.**

Sexo	Idade	Acomodação	Especialidade	Tipo de Internação	Tempo Internação
M	Bebê	Semiprivativo	Pediatria	Tratamento médico	1 semana
F	Criança	Privativo	Cardiologia	Tratamento médico	2 semanas
M	Adulto	Semiprivativo	Cardiologia	Cirurgia	4 semanas

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 10: Exemplo de alguns valores enviados para a Camada de Entrada convertidos para dados do tipo ‘intervalar’.**

Sexo	Idade	Acomodação	Especialidade	Tipo de Internação	Tempo de Internação
0	0	0	0	1	0
1	0,5	1	1	1	0,5
0	1	0	1	0	1

Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo de internação, quando inserido no IMBEDS, é convertido em grupos para um melhor processamento da RNA. Foram criados dez grupos, denominados por tempo:

- Até 2 dias: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 2 dias.
- Até 4 dias: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 4 dias.
- Até 1 semana: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 7 dias.

- Até 2 semanas: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 14 dias.
- Até 3 semanas: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 21 semanas.
- Até 1 mês: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 30 dias.
- Até 2 meses: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 60 dias.
- Até 3 meses: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 90 dias.
- Até 6 meses: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 180 dias.
- Até 1 ano: o tempo de internação será convertido para esse grupo se o tempo de estadia for até 365 dias.

Após a RNA associar um leito para o paciente, a Camada de Admissão envia o resultado (leito) para a Camada de Alocação formatar e repassar para o cliente.

#### 4.2.3 Camada de Alocação

A Camada de Alocação é responsável por receber o resultado da Camada de Admissão e devolvê-la para o cliente. Esse retorno possui três parâmetros: o primeiro é o status da requisição, o segundo é uma mensagem e o terceiro é o leito disponível. A seguir é detalhado o que cada parâmetro entrega ao serviço web, que repassa ao gestor:

- Status: representa o status do modelo, ou seja, se o processo ocorreu de maneira satisfatória, sem nenhum erro, o valor é 1. Caso os valores leito disponível, fila ou entrada sejam nulos, algo deu errado e o status é 0.
- Mensagem: campo responsável por informar o erro, caso ele tenha ocorrido. Caso contrário, apenas repassa a mensagem “Processo realizado com sucesso”.
- Leito disponível: se a RNA encontrar algum leito disponível, informa o número do quarto; caso contrário, retorna 0.

O retorno da Camada de Admissão é enviado no formato de XML, conforme a Figura 20.

**Figura 20: Retorno da Camada de Alocação em XML.**

```
<Hospital>
  <Status>1</Status>
  <Mensagem>Processo realizado com sucesso!</Mensagem>
  <LeitoDisponivel>231</LeitoDisponivel>
</Hospital>
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.4 Camada de Treinamento

Para que o modelo seja efetivo em sua proposta, é necessário que a Rede Neural Artificial passe por uma capacitação. O processo de treinamento é um pouco diferente de sua utilização, já que é necessário passar por uma entrada dupla, pelo valor de entrada e pelo resultado esperado. A Camada de Treinamento foi criada para que o profissional possa inserir valores pré-determinados, selecionando o resultado ideal. Como todos os inputs são determinados pela pessoa que treinará, a Camada de Treinamento não possui comunicação com a Camada de Entrada do modelo, apenas com a Camada de Admissão, e a Camada de Alocação que devolverá os dados para ela.

O treinamento da Rede Neural Artificial com MLP é realizado utilizando o algoritmo *backpropagation*. Esse algoritmo é o mais utilizado para redes MLP, sendo o carro-chefe dos RNAs. Possui a facilidade de ajustar os pesos sinápticos em redes com múltiplas camadas (BASHEER; HAJMEER, 2000). Quando um profissional insere os valores de entrada como idade, sexo, acomodação, especialidade, tipo de internação, tempo de internação na aplicação, ele iniciará o processo de passo direto (*forwardpass*). Os valores são convertidos para dados do tipo 'intervalar' e multiplicados pelos pesos sinápticos dos neurônios que estão na camada oculta, passando pela função de ativação sigmoideal e seguindo até a camada final da RNA, quando é verificada a taxa de erro. Caso a taxa de erro seja maior que um por cento, o estipulado no IMBEDS, a camada final inicia o processo de correção dos pesos sinápticos, chamado de retro propagação ou *backpropagation*.

O modelo IMBEDS é disponibilizado na forma de serviço web, inviabilizando o processo de armazenar as informações referentes aos pesos sinápticos na memória do servidor, já que ao final de cada requisição a aplicação descarrega a memória. Para contornar essa situação, após o treinamento os valores dos neurônios são armazenados em uma base de dados e a cada requisição eles são carregados para o modelo. Entretanto, os pesos sinápticos podem sofrer variações futuras na base de dados caso haja a necessidade de novos treinamentos. Tais ajustes podem ocorrer devido a mudanças nos padrões de alocação aplicadas pela gerência do hospital.

### 4.3 Alocação de leitos com Teoria do Valor Multiatributo

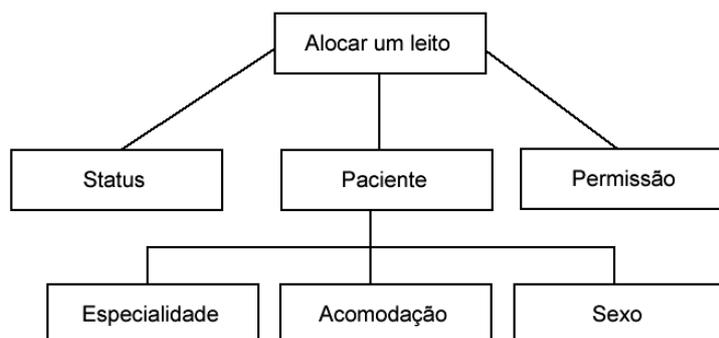
A técnica Teoria do Valor Multiatributo (MAVT) auxilia o modelo IMBEDS no momento em que a RNA não atender aos requisitos do hospital no processo de decisão, como um quarto que está com o status ocupado ou um leito semiprivativo já ocupado por um paciente de outro sexo, por exemplo. A técnica foi escolhida por ser um tipo particular de Apoio Multicritério à decisão.

Como citado na introdução, o AMD consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar pessoas, organizações ou instituições a tomarem decisões em um ambiente com múltiplos critérios (GOMES et al., 2004). Para auxiliar na escolha, a MAVT utiliza os três principais atributos do paciente (especialidade, acomodação e sexo) para uma taxa de ocupação alta e mais dois parâmetros dos leitos hospitalares, que são:

- Status: representa o estado do leito, livre ou ocupado.
- Permissão: parâmetro usado para informar que o paciente não tem permissão para utilizar determinado leito, mesmo que esteja livre. Esse atributo é utilizado em leitos semiprivativos, quando existe um paciente de outro sexo ocupando uma das camas do quarto.

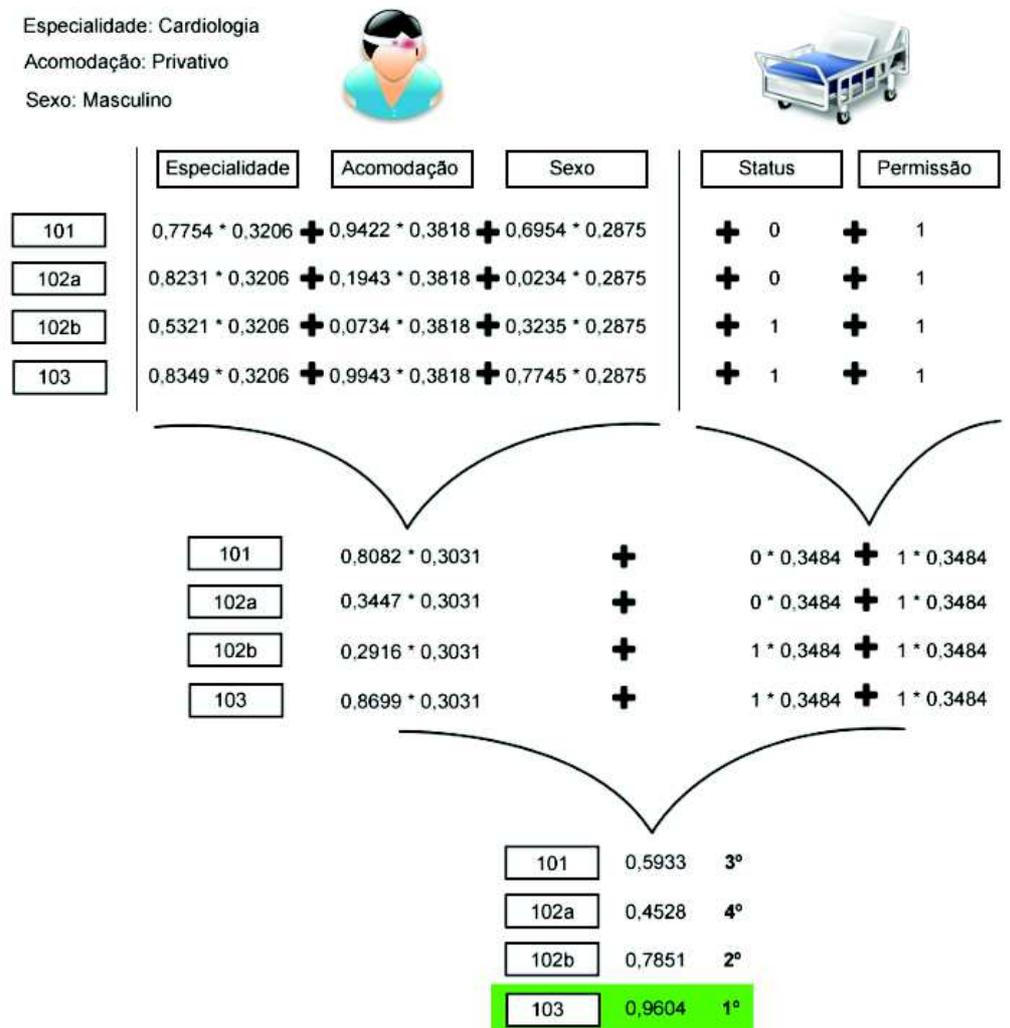
A Figura 21 apresenta os critérios selecionados e ordenados por sua hierarquia de acordo com o gestor da área de leitos. A MAVT possui três critérios principais para ordenar os leitos: status, paciente e permissão. O critério Paciente possui subcritérios para pontuar o leito a partir das informações contextuais do enfermo. Os descritores de cada critério são dinâmicos, carregados da base de dados, variando de paciente para paciente, de leito para leito. Utilizando o histórico hospitalar dos últimos dois anos, quando um enfermo necessita de um quarto, o sistema busca os leitos que receberam um ou mais pacientes da especialidade requerida, colocando como função valor o resultado padronizado da quantidade de vezes que ele foi utilizado de forma absoluta. O mesmo processo ocorre para todos os outros subcritérios, usando os leitos selecionados pela especialidade.

**Figura 21: Critérios utilizados pela MAVT do modelo IMBEDS.**



A MAVT utiliza o método de agregação aditivo, visualizado na Equação (7), associando um valor de desempenho global ( $w_i$ ) a cada alternativa ( $v_i$  ( $a_i$ )) para realizar o cálculo. Cada alternativa utiliza a técnica *Direct Rating* para quantificar seu valor, inserindo em cada opção a quantidade de vezes que o item foi encontrado na base de dados. A técnica utilizada para determinar o fator de escala de cada atributo foi a função *swing weights*. Após a MAVT realizar todas operações, os resultados são ordenados de forma decrescente, sendo o leito mais indicado o que possui maior valor. A Figura 22 mostra a estrutura do cálculo, com os valores padronizados, no processo de alocação.

Figura 22: Processo de ordenação de leitos pela MAVT.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados utilizados pela MAVT são armazenados na base de dados no momento do treinamento da Rede Neural Artificial. O modelo separa os atributos utilizados do paciente interligando com o leito desejado do treino. Ele tem os seguintes relacionamentos em sua

base: especialidade com o leito, acomodação com o leito e sexo com o leito. A arquitetura da técnica MAVT é composta por três camadas: Camada Modelo, Camada Aplicação e Camada Controle. A Figura 23 apresenta, em uma visão macro, a arquitetura da técnica, suas camadas e ligações.

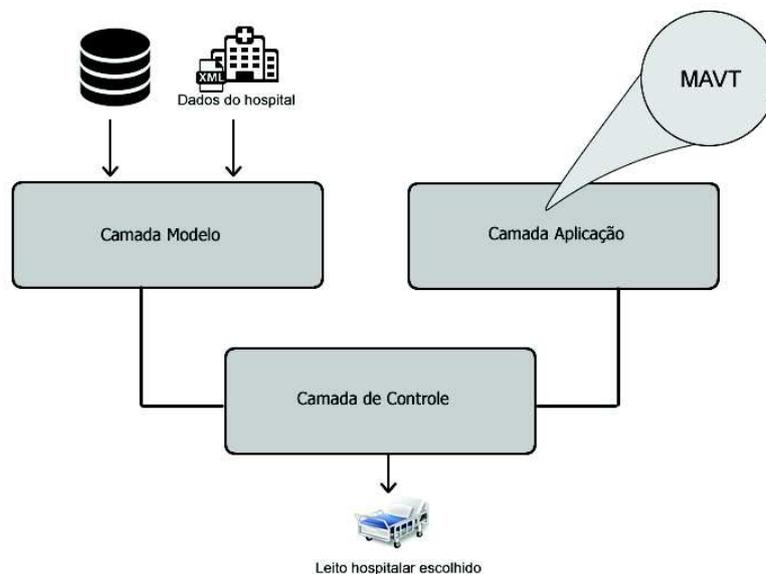
A Camada Modelo tem como objetivo carregar as informações dos leitos, através de um serviço web, disponibilizadas pelo hospital e as informações complementares sobre o leito armazenadas na base de dados, tais como: a quantidade de vezes que o leito N atendeu a especialidade X, acomodação Y e o sexo Z.

O algoritmo MAVT encontra-se na Camada Aplicação. Contudo, antes de executar a técnica, a camada padroniza os valores nos intervalos  $[0, 1]$  de acordo com a Equação (31) onde  $x$  é o valor que se deseja alterar do vetor,  $\min(x)$  representa o menor valor do vetor e  $\max(x)$  o maior valor.

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (31)$$

A Camada de Controle é utilizada pelo modelo como transporte de informações entre as outras camadas internas. Ela eventualmente filtra alguns resultados advindos da Camada Modelo para a Camada de Aplicação, servindo como uma camada de regras. Ela também expõe o resultado final para a arquitetura principal do IMBEDS, conforme a Figura 23.

Figura 23: Representação da arquitetura utilizada na técnica MAVT.

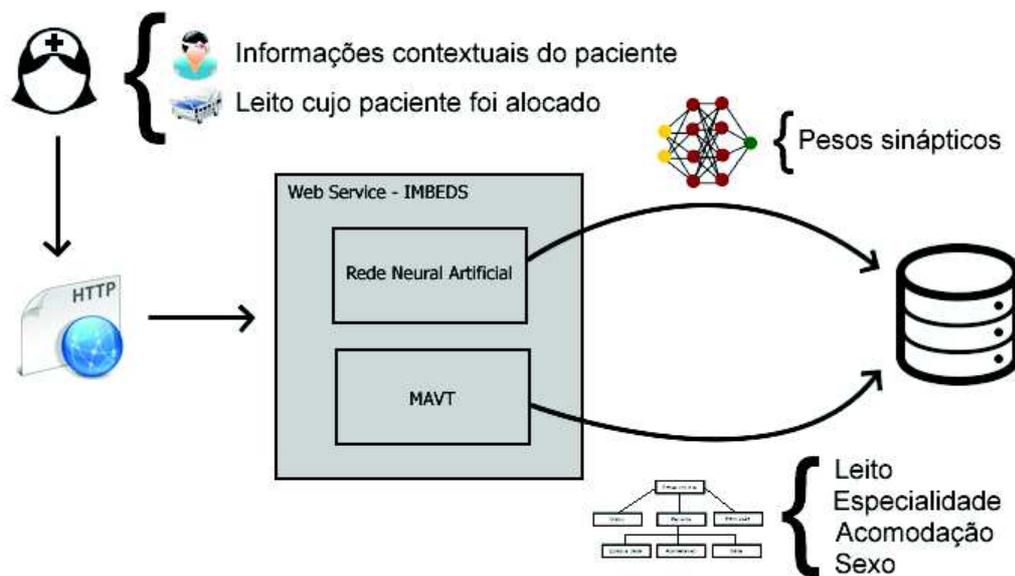


Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4 Funcionamento do Modelo Híbrido

O modelo, apresentado neste capítulo, é híbrido e funciona em duas fases distintas. A primeira fase é o treinamento da Rede Neural Artificial com a inserção de alguns dados históricos de atendimento na base do modelo. A fase posterior é a utilização das técnicas RNA e MAVT como serviço web, selecionando o leito mais adequado para as condições do paciente e do hospital.

Figura 24: Processo de capacitação do modelo IMBEDS.



Fonte: elaborado pelo autor.

O objetivo da primeira fase é treinar a Rede Neural Artificial e inserir dados de históricos de atendimento dos leitos para posterior utilização da MAVT, passando os valores de entrada para o modelo e informando a cama cujo paciente foi alocado. O processo de capacitação do modelo tende a demorar quando a rede possui vários parâmetros de entrada, diversos neurônios e uma grande quantidade de dados para processamento. Esse processo utiliza uma aplicação web que se comunica com o modelo e armazena os pesos sinápticos e o histórico em uma base de dados, como mostra a Figura 24.

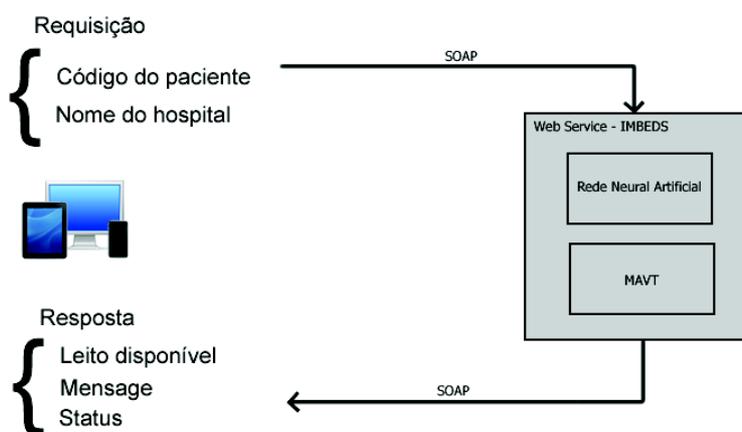
A complexidade do processo de capacitação é abstraída através da aplicação web que contém as informações contextuais, tais como opções de entrada (idade, sexo, acomodação, especialidade, tipo de internação, tempo de internação) e os leitos nas opções de saída (leito hospitalar). Cada treinamento criado é armazenado em uma tabela para revisão posterior, auxiliando o profissional a verificar algum erro de treinamento. O gestor também pode capacitar o modelo, armazenando os dados em uma planilha eletrônica, em formato XLSX do Microsoft Excel, e realizando o *upload* na aplicação Web. Os dados presentes nesse arquivo

devem estar no formato apresentado no Anexo A, seguindo algumas regras para controle de qualidade, listadas a seguir:

- O sexo deve possuir apenas a letra F ou M que representam Feminino e Masculino respectivamente.
- O tempo de internação deve seguir a regra de conversão descrita na seção 4.2.2.
- A acomodação só recebe os valores PRIVATIVO, SEMIPRIVATIVO e SUÍTE.

O IMBEDS foi desenvolvido na forma de serviço web, permitindo que qualquer aplicação possa implementá-lo em quaisquer dispositivos clientes, como *tablets*, *smartphones*, *desktop*. É preciso apenas uma conexão com a Internet. Para que uma aplicação utilize o modelo, é necessário fazer o apontamento para o serviço, passar os parâmetros corretos e ler o objeto de retorno utilizando o protocolo SOAP para a comunicação, representado na Figura 25. O serviço necessita de dois parâmetros para selecionar o leito: código de atendimento do paciente e o hospital desejado. Com essas informações, o modelo encarrega-se de buscar as informações contextuais do paciente e os leitos do hospital, retornando para o cliente uma mensagem, o status da busca (Sucesso ou Erro) e o leito disponível para esse enfermo.

**Figura 25: Visão geral do funcionamento do IMBEDS com outros dispositivos.**



Fonte: elaborado pelo autor.

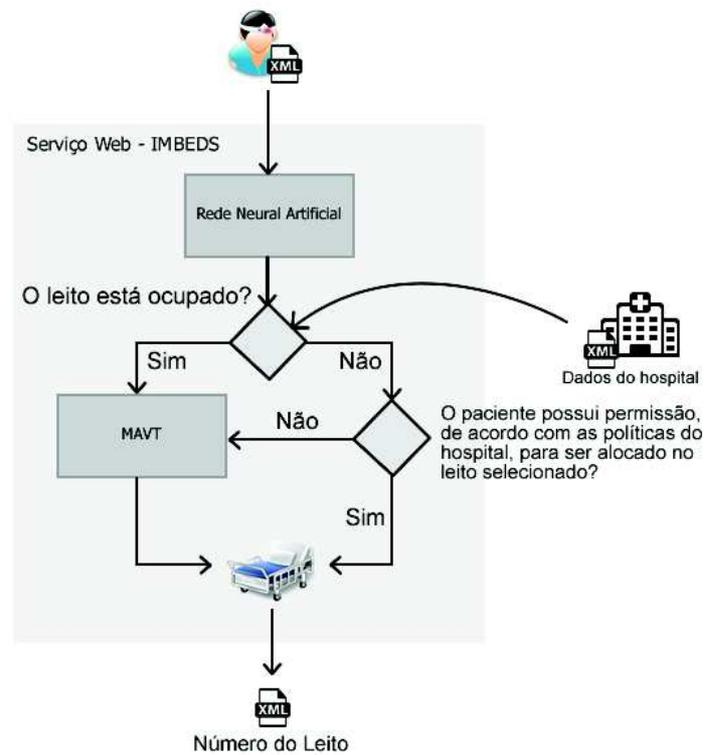
No momento da requisição, a Rede Neural Artificial é a primeira técnica do modelo a selecionar o leito. A RNA é uma técnica voltada para previsão de resultados utilizando padrões de dados. Contudo, os contextos dos leitos são regras dinâmicas que os inviabilizam de estar na RNA do paciente, por não haver um padrão direto. Após a seleção da cama, o modelo IMBEDS verifica o estado do leito e as restrições que poderiam impedir a entrada do paciente. Tais condições são:

1. Verifica o estado atual do leito. Se a cama estiver livre, a próxima condição é executada. Caso contrário, o modelo executa o outro método, MAVT.

2. Verifica se o quarto é semiprivativo e se nele há outro paciente de sexo semelhante ao selecionado. Caso as duas condições sejam verdadeiras, a execução do modelo termina e o leito é repassado para o gestor. Caso contrário, o modelo executa o método MAVT.

Após o processamento das informações, o leito selecionado é entregue para o *software* requisitante. A Figura 26 demonstra esse fluxo.

**Figura 26: Fluxo utilizado pelo IMBEDS para selecionar o leito adequado de acordo com os contextos do paciente e hospital.**



Fonte: elaborado pelo autor.

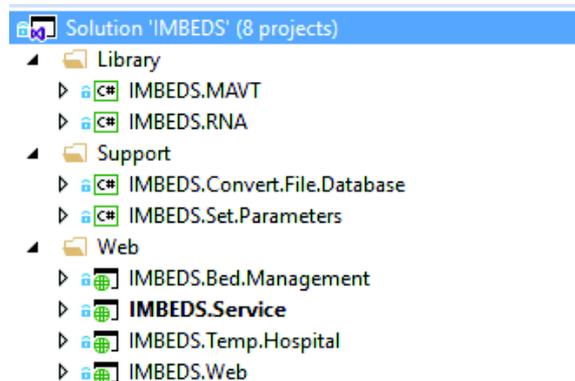


## 5 IMPLEMENTAÇÃO

Esta seção apresenta a implementação do protótipo que abrange os itens do modelo proposto apresentado nos capítulos anteriores. Foram desenvolvidos oito componentes em três categorias, que juntos simulam o processo de alocação de pacientes em um hospital, iniciando no apoio ao treinamento da RNA até a execução do modelo. Cada componente possui um objetivo específico, permitindo a implementação de novos recursos, tecnologias e modelos de decisão no futuro.

As categorias foram criadas para auxiliar no desenvolvimento, separando os projetos em determinadas funções. Conforme a Figura 27, os projetos estão agrupados nas categorias *Library*, *Support* e *Web*. A categoria *Library* separa os projetos referentes às técnicas utilizadas no modelo (RNA e MAVT); o grupo *Support* tem como objetivo armazenar os projetos utilizados em rotinas automatizadas, visando a acelerar o processo de treinamento e utilização do protótipo; a última categoria, chamada *Web*, separa os projetos finais (aplicações web e serviços web) que visam o contato com o usuário final.

Figura 27: Solução técnica utilizada no desenvolvimento do modelo IMBEDS.



Fonte: elaborado pelo autor.

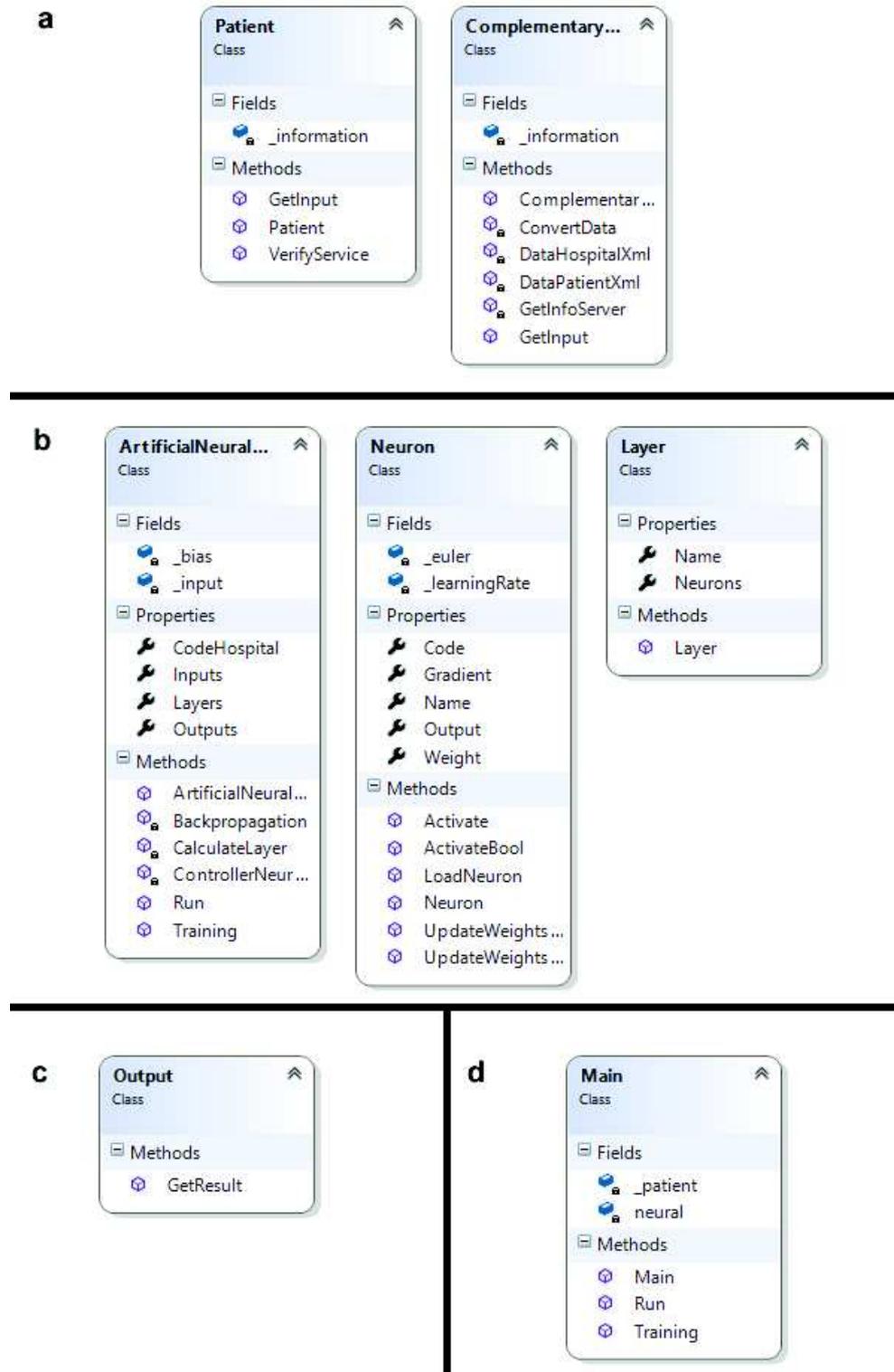
Nas próximas seções, são descritas as tecnologias e técnicas utilizadas em cada um dos componentes.

### 5.1 IMBEDS.RNA

A RNA, descrita no capítulo anterior, foi desenvolvida com a linguagem de programação orientada a objetos C#, na sua versão 5, utilizando a plataforma Microsoft.Net na versão 4.5 em um projeto Windows do tipo *Console Application*. Nomeado de IMBEDS.RNA, esse

componente pode ser executado como um programa, dentro do console do Windows, ou ser utilizado como biblioteca para outras aplicações.

Figura 28: Diagrama de classes do IMBEDS.RNA.

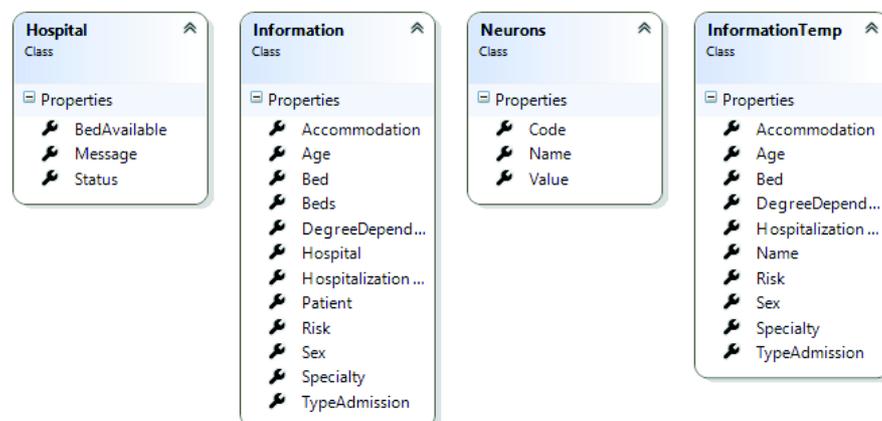


*Conlose Application* é um tipo de projeto flexível no Windows, tornando o desenvolvimento mais ágil, sem a necessidade de criar interfaces gráficas para testes (NAKOV et al., 2013). Como mencionado anteriormente, esse tipo de componente pode ser empregado também como biblioteca para outros softwares, utilizando conceitos de orientação a objetos, característica fundamental para a arquitetura do modelo. Nesse sentido, precisa ser disponibilizado na forma de serviço.

As quatro camadas do modelo possuem sete classes privadas dentro do componente. Conforme a Figura 28a, a Camada de Entrada possui as classes *Patient* e *ComplementaryInformation*, que têm a função de carregar o paciente e as informações do hospital e repassar para Admissão. A Figura 28b revela as classes da Camada de Admissão que compõem a RNA. A Camada de Alocação e a Camada de Treinamento são representadas pelas classes da Figura 28c. O componente de software IMBEDS.RNA possui apenas uma classe pública chamada de *Main*, Figura 28d, que tem como objetivo separar a lógica do modelo de aplicações externas, permitindo que tais aplicações apenas treinem e utilizem a Rede Neural Artificial. Para que as informações trafeguem entre as camadas internas do IMBEDS.RNA, foi utilizado o *Design Patterns* chamado DTO (*Data Transfer Object*), visualizado na Figura 29. Essa técnica objetiva encapsular um conjunto de dados relacionados em um objeto que será trafegado por diversas camadas de um componente de software (MARINESCU, 2002).

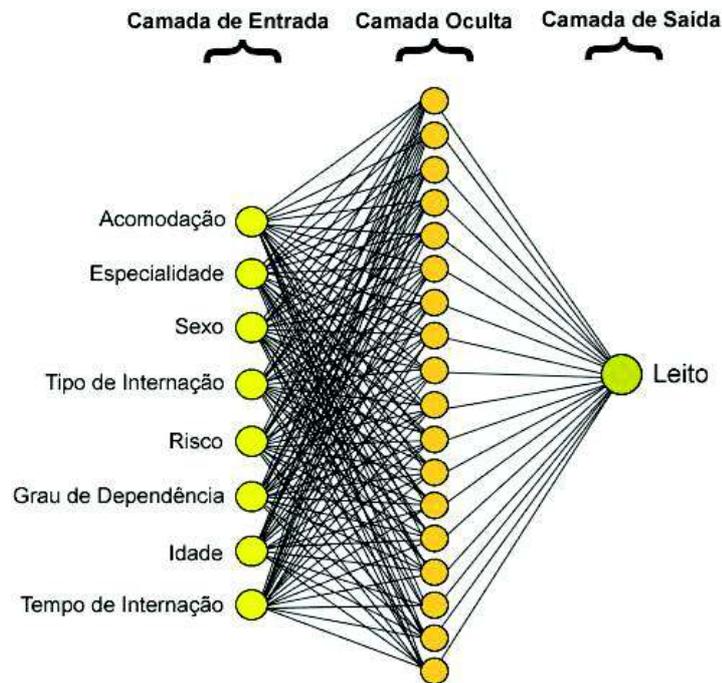
O modelo RNA é composto por oito valores de entrada, descritos no capítulo anterior, uma camada oculta com **dezoito** neurônios e um neurônio na camada de saída, demonstrado na Figura 30. A taxa de erro da rede utilizada no treinamento para diferenciar o valor esperado do valor encontrado foi de um por cento. Quando o resultado da Rede Neural Artificial não se adequar às necessidades do hospital, a técnica MAVT é chamada para auxiliar no apoio à decisão.

Figura 29: Classes DTO do componente IMBEDS.RNA.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 30: Representação da RNA utilizado no IMBEDS.



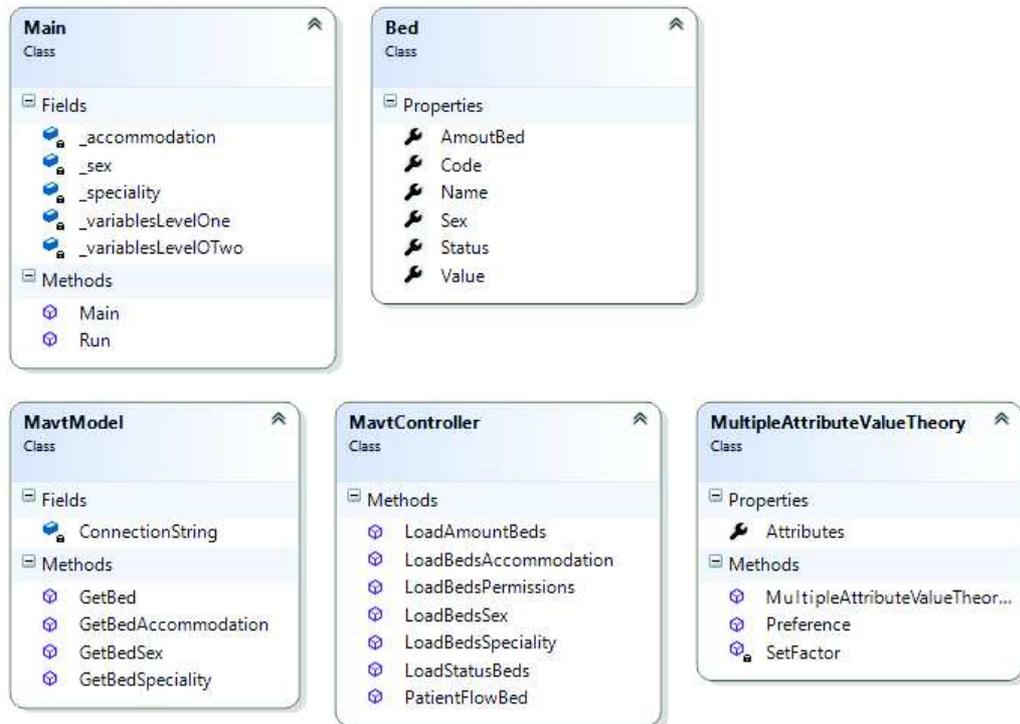
Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.2 IMBEDS.MAVT

A construção da MAVT é semelhante à RNA, citada na seção anterior, mas com uma arquitetura interna diferente. O componente de software IMBEDS.MAVT foi desenvolvido como *Console Application*, visando facilitar o desenvolvimento da técnica e a utilização em um serviço web. A linguagem utilizada para a construção foi C# na sua versão 5, na plataforma Microsoft.Net na versão 4.5. A arquitetura é definida por camadas, possuindo três - Controle, Modelo e Aplicação - para a organização, facilitando a manutenção contínua da técnica.

A Figura 31 apresenta o diagrama de classes da biblioteca, mostrando todas as classes utilizadas para compor a técnica. Projetos externos podem carregar a MAVT chamando a única classe pública do projeto, *Main*, que interliga outros projetos do modelo com a arquitetura citada anteriormente. Essa classe recebe em seu construtor os critérios de decisão como parâmetro, tornando a classe de fácil implementação para novas regras. Os valores dos atributos são carregados através da base de dados pela classe *MavtModel*, que representa a Camada Modelo, e transferidos para a Camada Controle utilizando a classe *MavtController*. A Camada Controle normaliza os valores recebidos e envia-os para a Camada Aplicação, representada pela classe *MultipleAttributeValueTheory*, que contém o algoritmo da MAVT. A transferência de informações entre as camadas ocorre utilizando o *Design Patterns* DTO pela classe *Bed*.

Figura 31: Classes DTO do componente IMBEDS.MAVT.



Fonte: elaborado pelo autor.

O componente de software transfere o leito com maior preferência, aquele cujo valor normalizado for o maior, para o serviço web denominado de `IMBEDS.Service`.

### 5.3 IMBEDS.Service

Um dos objetivos do modelo é ser disponibilizado na forma de serviço. Para isso, foi desenvolvido um componente utilizando WCF (Windows Communication Foundation) da Microsoft, plataforma que permite desenvolvedores criarem serviços web usando os padrões da indústria de uma maneira fácil, oferecendo interoperabilidade entre aplicações (LOWY; 2007). O serviço tem como referência os projetos `IMBEDS.RNA` e o `IMBEDS.MAVT` acessando apenas os métodos públicos da classe `Main` de ambas bibliotecas. Na `RNA`, os métodos públicos são *Treinamento* (*Training*) e *Execução* (*Run*). Já na `MAVT`, a única classe pública é a *Execução* (*Run*). Esses métodos são disponibilizados por contratos para outros softwares.

O serviço web nomeado de `IMBEDS.Service` possui um contrato de serviço com quatro operações<sup>1</sup>, ligando as aplicações externas com o modelo proposto, conforme a Figura 32. O

<sup>1</sup> Uma operação pode ser considerada como um método do serviço web.

primeiro contrato (*ConvertDataPatientXml*) recebe os dados do paciente (sexo, especialidade, tempo de hospitalização, idade, risco, tipo de admissão, acomodação, grau de dependência) em forma textual advindos de outros softwares e os converte para o formato número decimal, que será utilizado pela RNA.

O próximo contrato (*Training*) é utilizado somente para treinamento, recebendo um vetor com os valores de entrada da rede no formato decimal, o valor de saída também no formato decimal e o nome do hospital para registrar na base de dados. O terceiro contrato (*Run*) desenvolvido no serviço é responsável pela seleção do leito hospitalar, executando o algoritmo da Rede Neural Artificial e da Teoria do Valor Multiatributo. Esse contrato recebe como parâmetros o código do paciente no hospital e o nome do hospital. O último contrato (*SaveAnswers*) registra na base de dados as respostas do questionário, realizado na avaliação do modelo. A resposta do avaliador contém diversas informações necessárias para avaliação do modelo e análises futuras. Para isso, o contrato recebe cinco parâmetros:

- *Code*: indica a qual das questões pertence a resposta.
- *Result*: resultado da resposta do avaliador, sim ou não.
- *Hospital*: nome do hospital ao qual o teste pertence.
- *Description*: descrição da observação realizada pelo avaliador.
- *ChoiceTool*: técnica utilizada para selecionar o leito.

A troca de mensagens entre o serviço e outros *softwares* é realizada usando o protocolo SOAP que utiliza a linguagem de marcação XML, permitindo a interoperabilidade entre diferentes aplicações.

Todas as informações necessárias sobre o estado do paciente e dos leitos hospitalares vêm de um serviço externo disponibilizado pelo hospital. Contudo, para fins de avaliação do modelo, foi desenvolvido um serviço que simula tal serviço web hospitalar.

**Figura 32: Interface do contrato de serviço do IMBEDS.Service.**



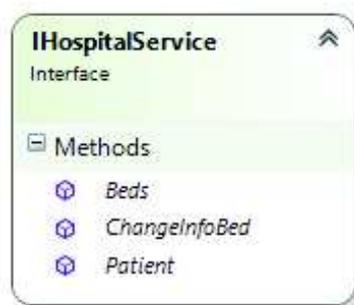
Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.4 IMBEDS.Temp.Hospital

O objetivo do modelo, descrito neste trabalho, é utilizar o serviço web desenvolvido para interligar as técnicas propostas com informações do hospital, disponibilizadas por outros serviços. As informações de leitos e pacientes são de propriedade do hospital, podendo ser disponibilizado na forma de serviços. Contudo, para o desenvolvimento deste trabalho e avaliação, foi desenvolvido outro serviço que representa o *web service* do hospital testado. Assim, quando o método responsável pela execução das técnicas no `IMBEDS.Service` for utilizado, retornará os dados do hospital no serviço `IMBEDS.Temp.Hospital`.

O componente de software, descrito nesta seção, foi desenvolvido através da tecnologia WCF e possui três operações. A Figura 33 apresenta, por meio de um diagrama de classes, os métodos disponibilizados pelo serviço web. Cada contrato retorna informações importantes para o funcionamento do modelo e de outros softwares criados para auxílio ao processo de avaliação.

Figura 33: Interface do contrato de serviço do `IMBEDS.Temp.Hospital`.



Fonte: elaborado pelo autor.

O contrato *Beds* retorna ao solicitante todos os leitos disponibilizados pelo hospital, apresentando o nome, o atual status (ocupado ou livre), o sexo do ocupante, caso o leito esteja ocupado. Para funcionar, o contrato necessita receber o nome do hospital como parâmetro de entrada. O método *ChangeInfoBed* é utilizado unicamente pelo *software* `IMBEDS.Bed.Management` (abordado na seção 5.8) para alterar o status do leito e marcar o sexo do ocupante, caso o mesmo esteja ocupado, recebendo como parâmetros o novo status, o sexo do ocupante o nome do hospital. O contrato *Patient* retorna as informações contextuais do paciente necessárias para a execução da RNA e da MAVT, recebendo como parâmetro o código do paciente e o nome do hospital. Todos os contratos possuem no parâmetro de entrada o nome do hospital, já que o modelo é genérico por tratar-se do hospital testado.

Figura 34: Estrutura XML para o armazenamento de informações dos pacientes testados.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<System>
  <Hospital name="Nome do Hospital">
    <People>
      <Patient code="12345">
        <Name>NOME DO PACIENTE 1</Name>
        <Sex>M</Sex>
        <Specialty>CANCEROLOGIA</Specialty>
        <HospitalizationTime>Até 2 dias</HospitalizationTime>
        <Age>43</Age>
        <Risk>INFECTOCONTAGIOSA</Risk>
        <TypeAdmission>INTERNACAO CLINICA URGENCIA</TypeAdmission>
        <Accommodation>PRIVATIVO</Accommodation>
        <DegreeDependency></DegreeDependency>
      </Patient>
      <Patient code="12346">
        <Name>NOME DO PACIENTE 2</Name>
        <Sex>F</Sex>
        <Specialty>GINECOLOGIA E OBSTETRICIA</Specialty>
        <HospitalizationTime>Até 4 dias</HospitalizationTime>
        <Age>25</Age>
        <Risk></Risk>
        <TypeAdmission>INTERNACAO CLINICA URGENCIA</TypeAdmission>
        <Accommodation>SEMI-PRIVATIVO</Accommodation>
        <DegreeDependency></DegreeDependency>
      </Patient>
    </People>
  </Hospital>
</System>

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Os pacientes estão inseridos em um único arquivo XML, que simula uma base de dados. A estrutura dos dados é demonstrada pela Figura 34. Essa decisão foi tomada para acelerar o processo de avaliação, tendo em vista que o avaliador terá de repassar os dados contextuais do enfermo no momento do teste para o autor do trabalho. As informações contextuais do paciente estão dentro de uma tag<sup>2</sup> chamada *Patient*, inserida dentro da tag *Hospital*. Quando o contrato *Patient* é invocado<sup>3</sup> por outro componente, o algoritmo construído busca primeiro o hospital, comparando o nome recebido no parâmetro com o atributo *name* da tag *Hospital*.

Após encontrar a estrutura do hospital solicitado, o algoritmo busca o enfermo através do atributo *code*, na tag *Patient*. O algoritmo percorre todas as tags *Patient*, comparando o valor recebido com o código no atributo *code*. Quando os valores são idênticos, o indivíduo é selecionado e os dados enviados para o IMBEDS.Service. A estrutura dos leitos foi armazenada em uma base de dados, diferente do paciente utilizado nos testes. Tais valores foram postos no banco pelos seguintes fatores:

- Necessidade de relacionar os leitos com os critérios da MAVT.
- Facilitar a alteração do status e sexo do ocupante no momento da avaliação.

A comunicação com outros softwares é semelhante ao componente descrito na seção anterior, utilizando o protocolo SOAP.

<sup>2</sup> <https://goo.gl/18SXj7>

<sup>3</sup> Invocar é um termo utilizado na computação para informar que um método foi iniciado.

## 5.5 IMBEDS.Web

O componente de software web, nomeado de IMBEDS.Web, foi construído com o intuito de propiciar a integração IMBEDS.Service com um *software* terceiro, criando uma interface entre o modelo e o gestor de leitos. Essa interface permite que o gestor possa treinar e executar o modelo através de uma página web.

Visando rodar em diversos dispositivos, tais como computadores e dispositivos móveis, o IMBEDS.Web foi desenvolvido para plataforma web por ser multiplataforma, necessitando apenas de um navegador. Ele foi construído com o ASP.NET MVC, uma tecnologia nova da Microsoft para desenvolvimentos de aplicações web, utilizando a arquitetura MVC que separa o componente de interface, lógica e dados, facilitando o teste e a evolução contínua (MACKEY; 2010). A fim de permitir o uso em diversos dispositivos, o componente usa o conceito de design responsivo, uma arquitetura web sensível ao dispositivo, tamanho e orientação de tela, luminosidade do ambiente, entre outras variáveis homem-interface (SILVA, 2014), conforme a Figura 35. O IMBEDS.Web possui três módulos com funcionalidades distintas, descritas nas próximas seções.

Figura 35: Interface web IMBEDS.Web em um Nexus 5.



The screenshot displays the IMBEDS.Web interface on a Nexus 5 mobile device. At the top, the status bar shows the time as 12:29. The main header features the IMBEDS logo. Below the header, there is a navigation menu with the following items: Home, Treinamento Manual, Treinamento Automático, and Protótipo. A yellow warning box with the text '\* Campos obrigatórios' is positioned below the menu. The main content area is titled 'Entradas' and contains four dropdown menus, each with 'Selecione' as the selected option: 'Acomodação\*', 'Sexo\*', 'Grau de Dependência', and 'Especialidade\*'. The bottom of the screen shows the standard Android navigation bar with back, home, and recent apps buttons.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.5.1 Módulo Treinamento Manual

O módulo Treinamento Manual é utilizado para fazer pequenos ajustes na RNA, seja em um novo caso que não havia nos históricos ou reparos na rede a fim de evitar a especialização de casos. Não existe limite de dados que o módulo pode enviar para a rede. Contudo, a escolha dos valores é manual, tornando lento o processo de treinamento. Quando o responsável acessa o módulo, aparece um formulário com nove campos: os oito primeiros relativos à entrada de dados e o último representando o resultado final, conforme a Figura 36.

**Figura 36: Tela de Treinamento Manual no componente IMBEDS.Web.**

A imagem mostra a interface de usuário do módulo de Treinamento Manual. No topo, há uma barra de navegação com o nome 'IMBEDS' e quatro links: 'Home', 'Treinamento Manual' (destacado), 'Treinamento Automático' e 'Protótipo'. Abaixo, há um formulário com o título 'Entradas'. O formulário contém cinco campos de seleção, cada um com o texto 'Selecione' e um ícone de seta para baixo. Os campos são: 'Acomodação', 'Sexo', 'Grau de Dependência', 'Especialidade' e 'Tipo de Internação'.

Fonte: elaborado pelo autor.

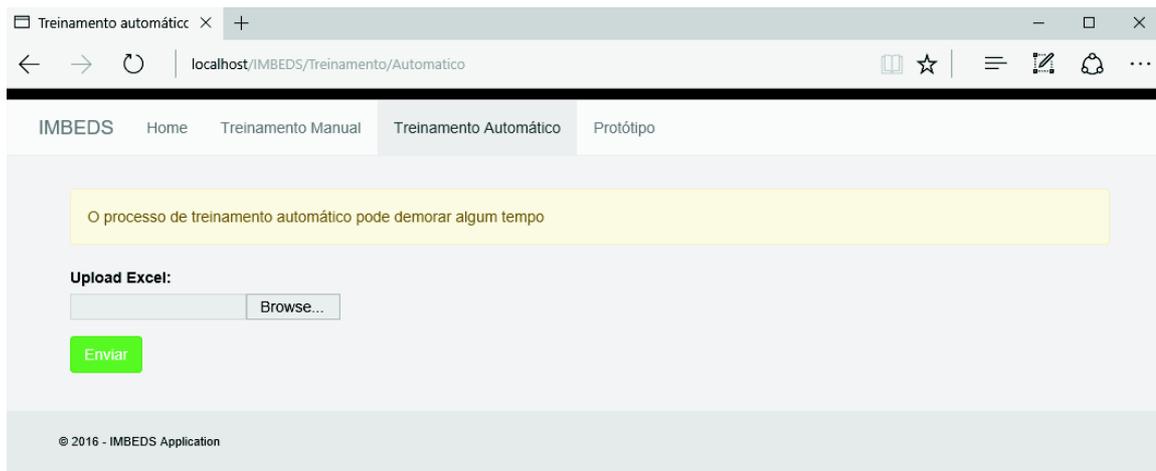
### 5.5.2 Módulo Treinamento Automático

O módulo Treinamento Automático é utilizado quando o responsável possui uma grande quantidade de dados para o treino da rede. O treinamento é realizado através do upload de uma planilha eletrônica Excel, com os dados na seguinte ordem: grau de dependência, especialidade, idade, risco, acomodação, tipo de internação, tempo de internação, sexo, leito. É possível visualizar, na Figura 37, a tela no módulo onde o gestor pode iniciar o treinamento. Os atributos Risco e Grau Dependência podem estar vazios pelo paciente não apresentar tais características. O campo Tempo Internação também pode estar vazio pelo médico não registrar um tempo médio de tratamento. A Tabela 11 apresenta um exemplo de como os dados são inseridos no modelo.

**Tabela 11: Exemplo de alguns valores enviados para o modelo IMBEDS.**

Grau de Dependência	Especialidade	Idade	Risco	Acomodação	Tipo de Internação	Tempo de Internação	Sexo	Leito
	Cardiologia	54		Privativo	Tratamento	Até 2 dias	F	113
Usa fralda	Urologia	45	Infectocontagiosa	Semiprivativo	Tratamento	Até 2 dias	M	115a

Fonte: elaborado pelo autor.

**Figura 37: Tela de Treinamento Automático no componente IMBEDS.Web.**

Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.5.3 Módulo Protótipo

O IMBEDS.Web possui um módulo para execução do modelo, chamado de Protótipo. Esse módulo possui duas seções: a primeira dá uma visão geral sobre os leitos de um determinado hospital e seu status (ocupado ou livre) e a segunda possui os dois campos de textos necessários para executar o modelo. A Figura 38 mostra a tela do módulo em um navegador web.

Os leitos listados na primeira seção são disponibilizados pelo serviço web do hospital. Entretanto, como esse protótipo será utilizado primeiramente para validação do modelo, os leitos são carregados do serviço IMBEDS.Temp.Hospital. Quando um leito está com o status de ocupado, ele é listado na cor vermelha. Contudo, esse status não significa que o quarto está preenchido por um enfermo. O leito pode estar nesse estado devido à faxina pós-alta do paciente ou qualquer outro processo do hospital que impeça de estar vago. Se na listagem dos leitos alguns deles possuírem a cor verde, significa que a ocupação do quarto é possível no momento.

Logo abaixo dos leitos, é possível encontrar mais dois campos de entrada: número do paciente e hospital. Esses campos são fundamentais para a execução do modelo.

**Figura 38: Tela do protótipo no componente IMBEDS.Web.**

Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.6 IMBEDS.Convert.File.Database

O IMBEDS.Convert.File.Database foi projetado utilizando as mesmas técnicas do IMBEDS.RNA e IMBEDS.MAVT. Esse projeto objetiva automatizar o processo de capacitação do modelo, diminuindo o tempo de preparação dos dados.

O primeiro passo na execução do algoritmo de automatização é ler todos os arquivos que contêm o histórico de internações no hospital. Tais registros podem estar em um único arquivo ou em diversos. Contudo, para funcionar corretamente, esses arquivos devem estar no diretório configurado do componente e possuírem a extensão *xlsx*<sup>4</sup>. Após abrir os arquivos e colocar os registros em memória, o componente salva o histórico na base de dados do modelo. Finalizado o processo de inserção dos dados no banco, o algoritmo gera um arquivo *xlsx* para o treinamento automático no projeto IMBEDS.Web. A escolha dos valores que vão compor o arquivo de capacitação é parametrizável na configuração do IMBEDS.Convert.File.Database, sendo possível escolher a quantidade de itens (registros) e o período. A Figura 39 exemplifica a execução do algoritmo.

<sup>4</sup> Formato *open source* de documentos que representam planilhas e gráficos.

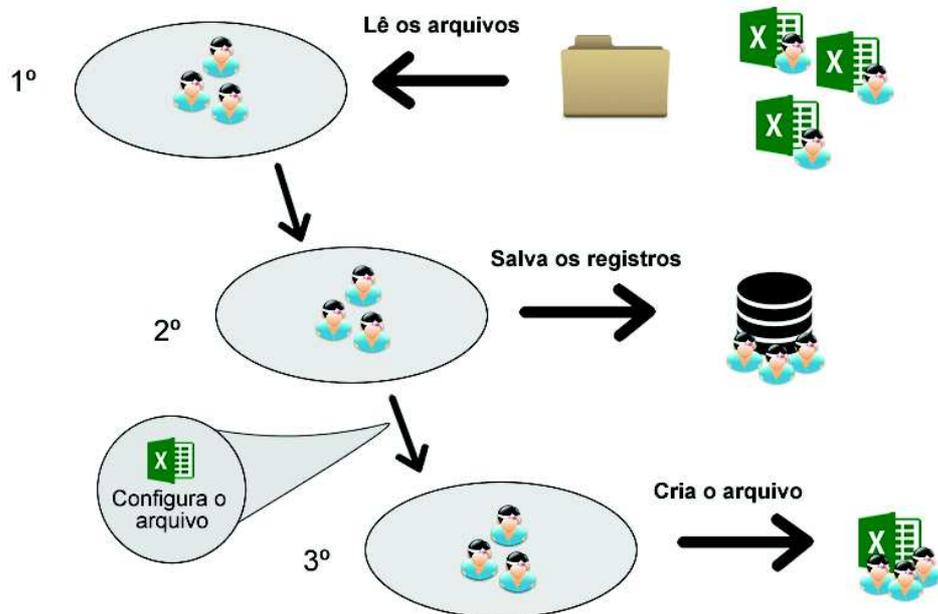
## 5.7 IMBEDS.Set.Parameters

Seguindo o mesmo modelo de desenvolvimento do projeto citado na seção anterior, o projeto IMBEDS.Set.Parameters possui dois objetivos:

- Gerar o arquivo XML, que possui os valores usados nas *combobox* do Módulo Treinamento Manual do projeto IMBEDS.Web.
- Salvar, no banco de dados, todos os itens que serão usados como atributos na MAVT.

Com uma arquitetura simples, o IMBEDS.Set.Parameters carrega os dados de todos os pacientes do banco de dados, selecionando as colunas referentes aos valores de entrada da RNA e MAVT, evitando valores duplicados. Esses valores são gravados em um arquivo XML, utilizado para gerar a lista de opções em cada atributo no Módulo Treinamento Manual do IMBEDS.Web, conforme a Figura 40. Na sequência, o algoritmo salva na base dados os valores dos atributos (Acomodação, Especialidade e Sexo) obtidos no passo anterior para a utilização da MAVT. A Figura 41 exemplifica a execução do algoritmo descrito nesta seção.

Figura 39: Representação do algoritmo usado pelo IMBEDS.Convert.File.Database.



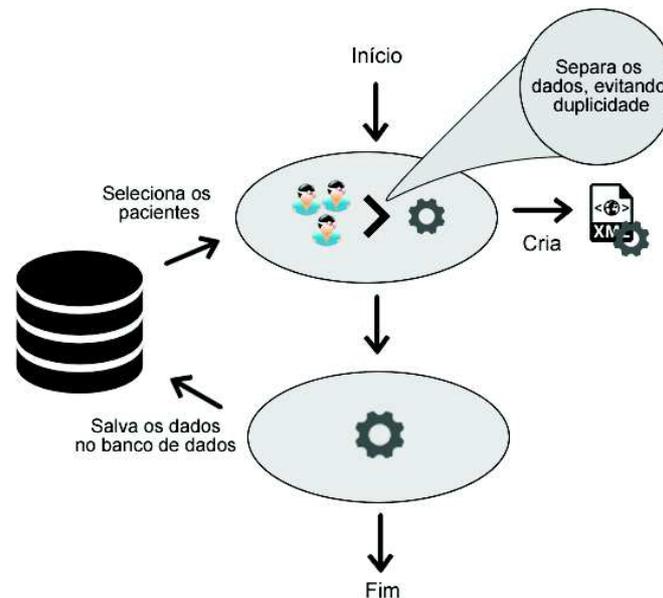
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40: Lista de acomodações advindas de um arquivo XML.

Entradas	
<b>Acomodação*</b>	
Seleção	ENFERMARIA C/ ACOMPANHANTE
	PRIVATIVO
	SEMI-PRIVATIVO
	SUITE
	U.C.I. NEO-NATAL
	U.T.I GERAL
	U.T.I NEO NATAL
Seleção	
<b>Especialidade*</b>	
CARDIOLOGIA	

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41: Representação do algoritmo utilizado pelo IMBEDS.Set.Parameters.



Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.8 IMBEDS.Bed.Management

O componente IMBEDS.Bed.Management foi desenvolvido com o intuito de auxiliar a avaliação do modelo no hospital. A ideia principal do IMBEDS é consumir um serviço disponibilizado pelo hospital. Todavia, no tempo de desenvolvimento deste trabalho, não foi possível aguardar a construção do *web service* pelo hospital. Os projetos da categoria *Support* são executados primeiramente para “popular”, a base de dados do modelo, e gerar os arquivos necessários para o funcionamento de todos os projetos que compõem o modelo. O IMBEDS.Bed.Management consome dois contratos do IMBEDS.Temp.Hospital:

- Visualização dos leitos: retorna todos os leitos do hospital para o projeto web, informando se estão livres ou ocupados e o sexo da pessoa, caso esteja ocupado.
- Alterar leito: permite que o componente possa alterar os dados na base de dados, tais como o status do leito e o sexo do ocupante, caso a cama esteja ocupada.

Na Figura 42, é possível visualizar a tela principal do IMBEDS.Bed.Management. O componente foi projetado para oferecer agilidade no processo de troca de status dos leitos. Em sua tela inicial, tem-se uma visão geral do estado atual de todos os leitos. A visualização das informações da cama é exibida em uma modal, ativada com apenas um clique no quadrado que representa o leito desejado, conforme a Figura 43. Essa ação permite que o participante da pesquisa possa, além de consultar detalhes do leito, alterar o estado atual da cama (livre ou ocupado), bem como o sexo do ocupante.

**Figura 42: Tela do componente de Gerenciamento de Leitos, construído para auxiliar no processo de avaliação do modelo IMBEDS.**

Gerenciamento de Leitos																		
Para alterar o status de <b>ocupado</b> para <b>livre</b> ou vice-versa, é necessário clicar em cima do box que representa o leito.																		
Leito 301A	Leito 301B	Leito 303A	Leito 303B	Leito 304	Leito 305A	Leito 305B	Leito 306	Leito 307A	Leito 307B	Leito 308A	Leito 308B	Leito 310	Leito 311A	Leito 311B	Leito 313	Leito 315	Leito 317	Leito 318A
Leito 318B	Leito 319	Leito 320	Leito 321	Leito 322	Leito 401A	Leito 401B	Leito 402A	Leito 402B	Leito 403A	Leito 403B	Leito 404A	Leito 404B	Leito 405A	Leito 405B	Leito 406A	Leito 406B	Leito 407A	Leito 407B
Leito 408A	Leito 408B	Leito 409A	Leito 409B	Leito 410A	Leito 410B	Leito 411A	Leito 411B	Leito 412A	Leito 412B	Leito 413A	Leito 413B	Leito 414	Leito 415	Leito 416A	Leito 416B	Leito 417A	Leito 417B	Leito 418A
Leito 418B	Leito 419	Leito 420	Leito 421	Leito 422	Leito 423	Leito 424	Leito 425	Leito 426	Leito 427	Leito 428	Leito 429	Leito 430	Leito 431	Leito 432	Leito 433	Leito 501A	Leito 501B	Leito 502A
Leito 502B	Leito 503A	Leito 503B	Leito 504A	Leito 504B	Leito 505A	Leito 505B	Leito 506A	Leito 506B	Leito 507A	Leito 507B	Leito 508A	Leito 508B	Leito 509A	Leito 509B	Leito 510	Leito 511A	Leito 511B	Leito 512A
Leito 512B	Leito 513A	Leito 513B	Leito 514A	Leito 514B	Leito 515A	Leito 515B	Leito 516	Leito 517A	Leito 517B	Leito 518	Leito 519	Leito 520	Leito 521	Leito 522	Leito 523	Leito 524	Leito 525	Leito 526
Leito 527	Leito 528	Leito 529	Leito 530	Leito 531	Leito 532	Leito 533	Leito 534	Leito 601A	Leito 601B	Leito 602A	Leito 602B	Leito 603A	Leito 603B	Leito 604A	Leito 604B	Leito 605A	Leito 605B	Leito 606A
Leito 606B	Leito 607A	Leito 607B	Leito 608A	Leito 608B	Leito 609A	Leito 609B	Leito 610	Leito 611A	Leito 611B	Leito 612	Leito 613A	Leito 613B	Leito 614A	Leito 614B	Leito 615A	Leito 615B	Leito 616	Leito 617A

Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.9 Base de Dados

A base de dados é composta por diversas tabelas e chaves que formam a estrutura necessária para o funcionamento das duas técnicas utilizadas pelo modelo: RNA e MAVT.

O modelo criado para dar suporte à técnica RNA e armazenar seus dados é composto por duas entidades. A primeira entidade, denominada *Hospital*, representa a tabela que armazena os dados das instituições que utilizam o modelo. Já a segunda, intitulada *Neurons*, contém os valores dos pesos utilizados pela Rede Neural Artificial. A associação entre os dois objetos é realizada pela propriedade *code\_hospital*, criando um relacionamento de 1 para N (a letra N é

o símbolo que representa múltiplos registros em um relacionamento). Dessa forma, uma tupla contendo as informações de um hospital, relaciona-se com diversas tuplas do objeto *Neurons*.

**Figura 43: Modal utilizada para alterar as informações contextuais do leito hospitalar.**



Fonte: elaborado pelo autor.

O conjunto de entidades que permite o funcionamento da MAVT é maior que o modelo RNA, citado anteriormente. Para exemplificar, a Figura 44 apresenta um diagrama entidade relacionamento (DER) na forma de um grafo, envolvendo os objetos da técnica MAVT. Os objetos que representam as ligações entre os leitos (tabela designada de *Bed*) e as características do paciente (tabelas nomeadas de *Speciality*, *Accommodation* e *Sex*) são: *bed\_speciality*, *bed\_accommodation* e *bed\_sex*. Cada tabela citada anteriormente contém três propriedades: o código da tupla (chave primária), o código do leito e o código do item da característica. Esse grupo de entidades permite que a MAVT possa buscar, na base de dados, o histórico de atendimentos e atribuir valores a seus atributos, conforme explicado na seção 4.1.1.

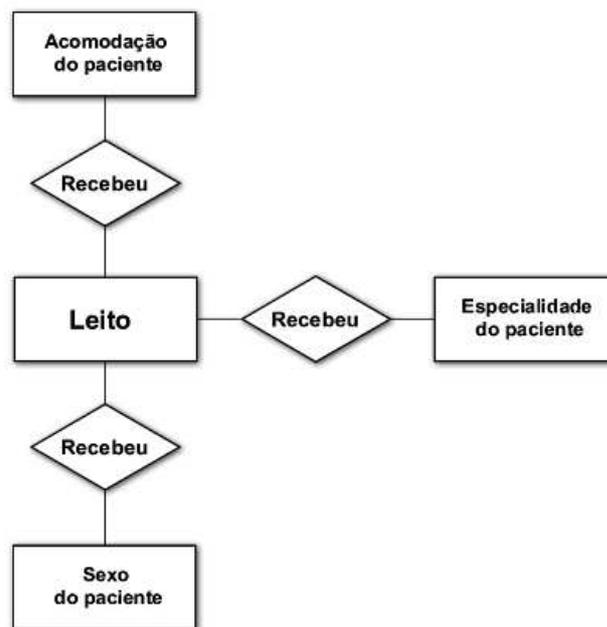
A entidade *Validation* é utilizada no projeto para armazenar as respostas dos testes no período de avaliação do modelo no hospital. O objeto possui as seguintes propriedades:

- *code*: representa um determinante que se distingue das demais tuplas.
- *code\_answer*: representa o código da pergunta do questionário.
- *result*: resultado do valor inserido pelo avaliador no formulário de resposta.
- *description*: campo não obrigatório que armazena observações do avaliador na escolha do leito pelo modelo.
- *hospital*: valor inserido automaticamente pelo componente, informando o nome do hospital onde os testes estão sendo realizados.

- *date*: data do momento em que a resposta foi armazenada na base de dados.
- *choice\_tool*: técnica utilizada pelo modelo para selecionar o leito apresentado para o avaliador.

O SGBD escolhido para gerenciar a base de dados foi o MySQL por ser um banco robusto, que lida com múltiplas conexões e operações; utiliza o padrão ANSI para SQL; possui custo de instalação baixo; tem API para as diversas linguagens existentes; há licença GPL livre para aplicações não comerciais (REESE et al., 2002).

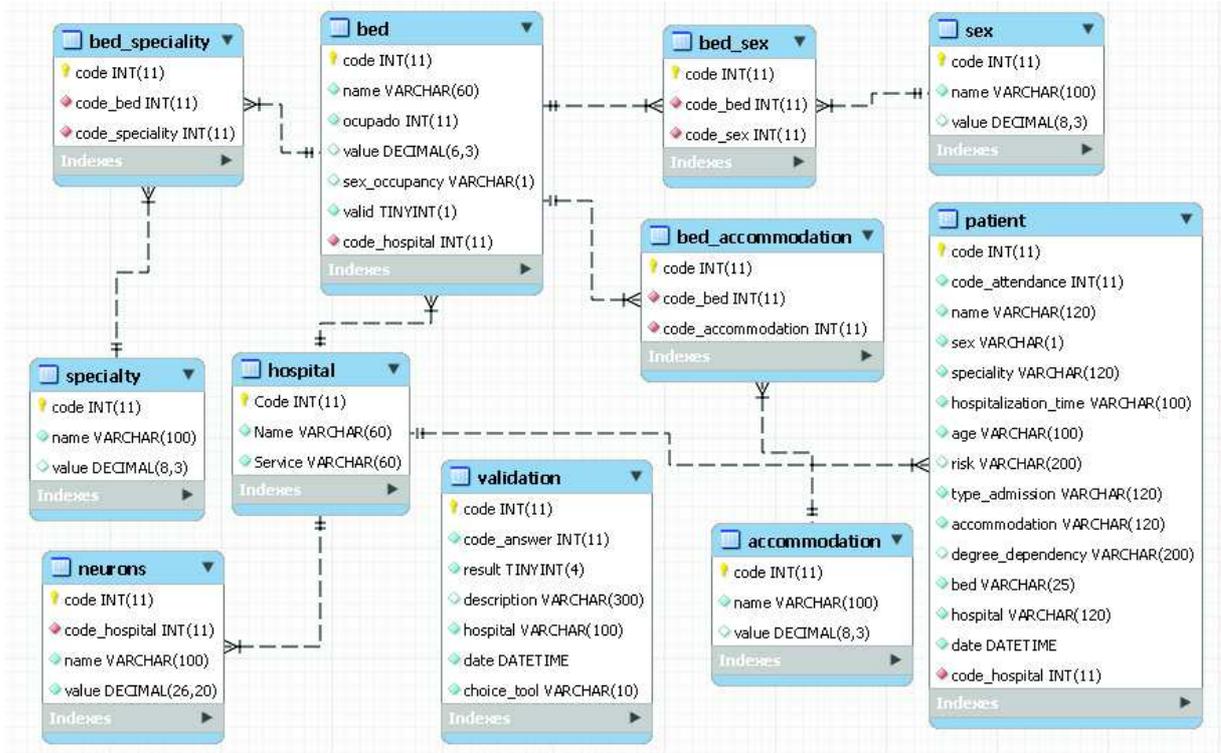
Figura 44: Modelo DER utilizado pela técnica MAVT.



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 45 apresenta o conjunto de tabelas, com seus atributos e relacionamentos utilizados na construção do modelo. A entidade *hospital* é responsável por interligar os principais objetos do modelo: *bed*, *neurons* e *patients*. Conforme visto anteriormente, *bed* é responsável pelo funcionamento da MAVT; *neurons* pela RNA e *patients* permite que os projetos da categoria *Support* possam auxiliar na geração dos arquivos de apoio; e popular que são as outras tabelas como *Speciality*, *Accommodation* e *Sex*.

Figura 45: Modelo de entidade relacionamento utilizado pelo modelo IMBEDS.



Fonte: elaborado pelo autor.

## 6 AVALIAÇÃO

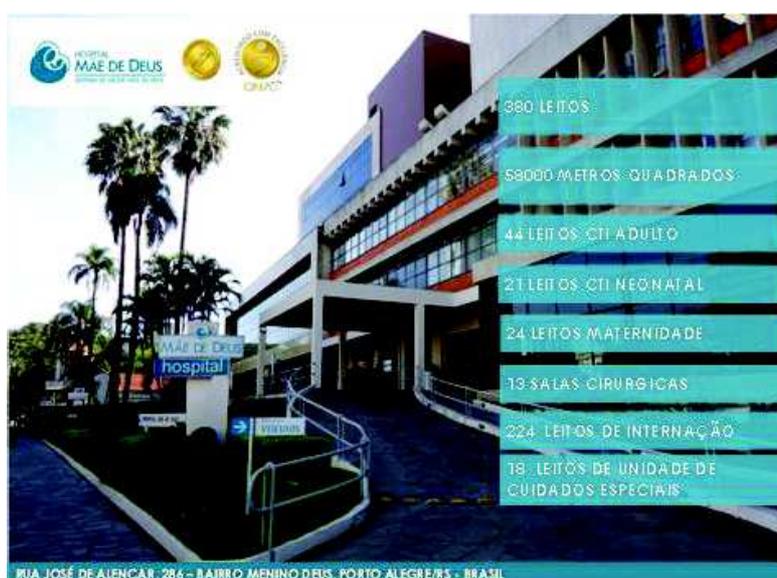
Neste capítulo, apresenta-se a metodologia de avaliação do modelo e os resultados obtidos, seguidos de uma análise final. A primeira parte do capítulo descreve o atual processo de gestão de leitos aplicado pelo Hospital Mãe de Deus; a próxima seção apresenta a metodologia de avaliação do modelo aplicado no hospital, seguido da seção com os resultados após a avaliação; e finaliza-se com a seção de discussão dos resultados obtidos.

### 6.1 Hospital Mãe de Deus

O Sistema de Saúde Mãe de Deus (SSMD) foi fundado em 1979. Atualmente, possui duas unidades hospitalares em Porto Alegre, o Hospital Mãe de Deus e o Hospital Giovanni Battista, e mais sete unidades no interior do estado do Rio Grande do Sul. O SSMD possui certificação ONA 3, nível máximo de excelência, e JCI, garantindo que as instituições são comprometidas com rigorosos padrões internacionais de segurança e assistência à saúde.

O presente trabalho foi realizado na unidade Hospital Mãe de Deus em Porto Alegre, que contém 380 leitos: 44 leitos de Centro de Tratamento e Terapia Intensiva (CTI) para adultos; 21 leitos de CTI para neonatal; 24 leitos para maternidade; 13 salas cirúrgicas, 224 leitos de internação e 18 leitos de Unidade de Cuidados Especiais (UCE), conforme a Figura 46. Os leitos utilizados no processo de avaliação do IMBEDS foram do setor de internação, maternidade e UCE, gerenciados pela Central de Leitos.

**Figura 46. Imagem institucional do HMD para informar as especialidades de seus leitos.**



Fonte: elaborado pelo autor.

### 6.1.1 Processo de Alocação na Central de Leitos

O Hospital Mãe de Deus possui seu fluxo de trabalho no processo de alocação e transferência de pacientes em leitos hospitalares. O setor que gerencia as alocações no hospital é chamado de Central de Leitos e participa de todo processo de internação do paciente.

Esse setor é responsável por atribuir um paciente em um quarto, transportar o paciente do setor onde ele está até o leito selecionado e auxiliar na sua alta, transportando-o até um veículo que possa levá-lo para casa. A Central de Leitos gerencia 266 leitos do hospital, englobando a internação, maternidade e UCE. Os leitos estão divididos em três tipos: privativos, semiprivativos e suítes. A exceção são as camas da UCE que são todas semiprivativas para um monitoramento constante da equipe de atendimento. Os demais leitos são gerenciados por médicos plantonistas em suas respectivas áreas. A Central monitora constantemente o estado dos pacientes, verificando os enfermos e projetando estratégias a fim de evitar que a taxa de ocupação ultrapasse a estipulada pelo hospital, cerca de 90%. Contudo, este trabalho apenas teve como enfoque o processo de atribuição de enfermos que estão em listas de espera.

Existem diversos caminhos que um paciente pode seguir para solicitar um leito, conforme a Figura 46. Entretanto, o paciente pode ser liberado e não precisar desse leito. Tal situação pode ocorrer tanto na emergência quanto no agendamento de cirurgia. O paciente pode entrar no hospital pela emergência, ser atendido pelo médico e o mesmo entender que a doença do paciente não é tão grave a ponto de necessitar de uma internação.

No caso de agendamento, o paciente pode agendar uma cirurgia, mas o processo de recuperação não necessitar de um cuidado tão alto a ponto do enfermo ficar internado no hospital. A Central de Leitos só atua quando o paciente precisar de um leito, solicitado por um médico. Ela não possui autonomia na emergência e no processo de agendamento de pacientes. Contudo, no agendamento, o gestor pode solicitar o adiamento de cirurgias que necessitem de internação, caso o hospital esteja com uma ocupação mais alta do que a prevista e as listas de espera advindas da emergência estiverem muito altas.

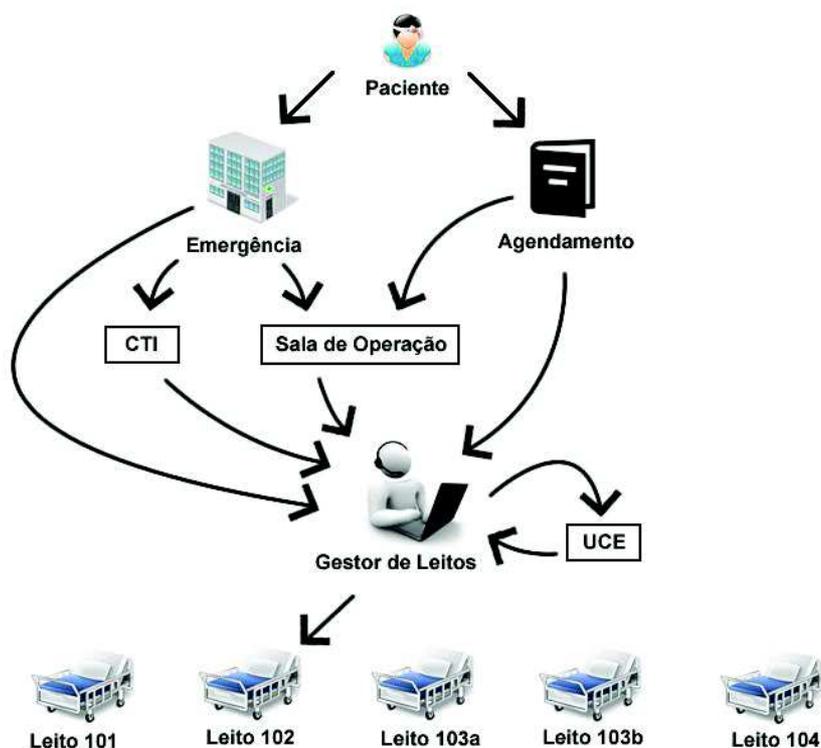
O gestor lida com cinco listas de espera, conforme a Figura 47, contendo diversos tipos de pacientes para um número limitado de leitos. Tais listas são: Emergência, Sala de Operação, Centro de Tratamento e Terapia Intensiva (CTI), Unidade de Cuidados Especiais (UCE) e agendamento. Para os leitos da UCE, o administrador de leitos pode apenas enviar pacientes, mas não tem autonomia para decidir qual leito ocupará, visto que esse setor possui sua própria gerência.

### 6.1.2 Categorias de Leitos

Os leitos do Hospital Mãe de Deus, gerenciados pela Central de Leitos, são destinados a pacientes em recuperação de tratamentos clínicos ou cirurgias. São três categorias de quartos:

privativos, semiprivativos e suítes. O fator determinante que atribui um desses leitos a um paciente é o tipo de acomodação que ele paga em seu plano de saúde.

Figura 47. Fluxo hospitalar do HMD no processo de atribuição de leitos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Um quarto semiprivativo é caracterizado por atender dois pacientes ao mesmo tempo, possuindo duas camas, uma em cada canto do quarto. Esse quarto possui todos os equipamentos médicos necessários para atender o paciente com toda qualidade, além de ter televisor, assentos para os familiares, ar condicionado e um banheiro. No quarto privativo, há todos os itens do semiprivativo, mas tem apenas uma cama; possui também uma área maior para os familiares do enfermo, com poltronas e sofá para um maior conforto. A última categoria dos leitos de internação é denominada de suíte, que possui todas as características das categorias citadas anteriormente, mas com uma antessala como diferencial.

Os leitos de internação e maternidade gerenciados pela Central de Leitos possuem 136 leitos semiprivativos, 102 leitos privativos e 10 suítes. A UCE possui 18 leitos dos quais 16 são semiprivativos e apenas 2 privativos. Contudo, não existe diferenciação de cama pelo plano de saúde, por isso o estado do enfermo é o fator decisivo para a escolha do leito pelo médico gestor do setor. Caso o paciente esteja em um estado de atenção que precise de isolamento como, por exemplo, uma doença infectocontagiosa, o gestor da UCE irá colocá-lo em um leito privativo, separado dos demais pacientes.

## 6.2 Metodologia

A avaliação do modelo proposto nesta pesquisa ocorreu em duas fases. Na primeira etapa, foi realizado o processo de treinamento desse modelo com 27 mil registros históricos de pacientes internados nos anos de 2014 e 2015. Esses dados foram repassados aos autores em vinte e quatro arquivos Excel, cada um representando um mês. O modelo dos arquivos está presente no Anexo B, contendo 35 colunas com informações dos atendimentos. Contudo, houve a necessidade de tratamento de informações para acomodação, tempo de internação, risco e grau de dependência.

As informações sobre acomodações, presentes na coluna ACOMCOBERT, continham dados a mais sobre o acompanhamento do paciente, tais como SEMI-PRIVATIVO C/ ACOMPANHANTE e PRIVATIVO COM ACOMPANHANTE. Essas informações adicionais foram ignoradas e transformadas para SEMIPRIVATIVO ou PRIVATIVO. Os atendimentos que continham outras acomodações (ENFERMARIA C/ ACOMPANHANTE e U.T.I NEO NATAL) foram excluídos dos dados por não estarem inclusas nos leitos de internação do HMD. Também houve tratamento nos dados relacionado ao tempo de internação, presente na coluna DIASPERM. O tratamento transformou os dias de internação em períodos de tempo, conforme descrito na seção 4.2.2. Os contextos risco e graus de dependência não foram extraídos por estarem em um campo denominado OBSPACIENTE. Essa coluna continha, além de informações contextuais sobre a saúde do paciente, diversas informações gerais da pessoa, tais como referências ao plano de saúde, informações sobre a pessoa que o acompanharia no leito, entre outras, dificultando a extração dos dados contextuais acerca da saúde do paciente.

Os dados extraídos após o tratamento foram utilizados para treinar a RNA - uma das técnicas utilizadas pelo modelo cognitivo Ciência de Situação para tomada de decisão – e armazenadas na base de dados do modelo para auxiliar na tomada de decisão da MAVT.

Na segunda fase, o modelo foi executado no Hospital Mãe de Deus em Porto Alegre pela Central de Leitos com pacientes reais, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e do Hospital Mãe de Deus (HMD). Os pareceres do CEP das instituições estão presentes no Anexo C e D deste trabalho. A validação do modelo foi semelhante à realizada por Tsai e Lin (2014). Em seu projeto, os autores necessitaram organizar uma fila de espera de acordo com o leito vago, utilizando informações contextuais do paciente. Para validar o modelo, eles executaram-no em dois hospitais durante alguns dias, coletando informações a cada atribuição realizada e validando a similaridade de escolha entre o modelo e o responsável pela função. O presente trabalho utilizou o mesmo atributo de Tsai e Lin (2014) para avaliar o modelo, chamado de similaridade de atribuição. Esse atributo indica que o paciente foi redirecionado para o leito selecionado pelo modelo. No entanto, no caso deles, o modelo selecionava o melhor paciente para o leito; por outro lado, o IMBEDS seleciona o melhor leito para o paciente.

A avaliação do modelo ocorreu através de um questionário exibido no protótipo web desenvolvido. O participante precisou assinar o documento Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido (TCLE), presente no Anexo E deste trabalho, para poder participar desta pesquisa. O modelo foi acessado através de uma URL repassada pelo pesquisador para, então, inserir o código do paciente e receber a identificação do leito selecionado. A identificação foi apenas o número do quarto para leitos privativos ou suíte; caso contrário, se o leito selecionado fosse semiprivativo, a identificação era o número do leito mais uma letra identificando a cama.

O leito selecionado vinha com um questionário a ser respondido, conforme a Figura 48. O questionário continha três perguntas, com as opções de respostas “sim” ou “não”, e um campo de texto para as observações do executor. As respostas foram armazenadas na base de dados do modelo para avaliações posteriores e discussões futuras. A Tabela 12 mostra as três perguntas que foram exibidas para o participante desta pesquisa, após os testes. Contudo, uma parte da pergunta 3 foi dinâmica, destacada em negrito na tabela com o texto “apresentado em tela”. O trecho destacado exibia o leito selecionado pela outra técnica, mas que não havia atendido a algum requisito do hospital.

**Tabela 12: Perguntas do questionário voltadas ao participante da pesquisa.**

<b>Nº Questão</b>	<b>Descrição</b>
1	O leito determinado pelo sistema é apto a receber esse paciente?
2	O paciente será transferido para esse leito?
3	Caso o leito ( <b>apresentado em tela</b> ) não estivesse ocupado, o paciente poderia ser transportado para ele?

Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo para execução e coleta de dados foi de cinco dias - segunda a sexta-feira - na primeira semana do mês de junho de 2016. O período de testes foi realizado entre 14h e 17h por ser um horário mais propenso à liberação de leitos, visto que a maioria dos pacientes recebe alta no período da manhã, porém deixam efetivamente o hospital somente durante a tarde, quando seus familiares buscam-nos. Após a saída do paciente, o leito necessita ser higienizado e o processo pode durar uma hora ou mais, dependendo da demanda do dia, para então ser ocupado por outro paciente.

### **6.3 Resultados**

O HMD entregou o histórico de internações hospitalares dos últimos dois anos, apresentado no documento TCUI, encontrado no Anexo F deste trabalho. O total de registros cedidos foi de 27 mil internações. O modelo foi treinado com 25 mil registros históricos para ser capaz de generalizar, evitando o *overfitting* (SANTOS et al., 2005), e testado posteriormente com 50 registros dos 2 mil restantes repassados pelo hospital.

**Figura 48: Perguntas do questionário exibidas no protótipo IMBEDS.Web para o participante da pesquisa após a execução do modelo.**

Resultado

Leito: 921.

Pergunta: **O leito determinado pelo sistema está apto a receber esse paciente?**

Sim  Não

Observação:

Pergunta: **O paciente será transferido para esse leito?**

Sim  Não

Observação:

Leito: 712.

Pergunta: **Caso o leito 712 não estivesse ocupado, o paciente poderia ser transportado para ele?**

Sim  Não

Observação:

Confirmar

Fonte: elaborado pelo autor.

Para encontrar a melhor configuração da RNA, foram realizados diversos testes com configurações diferentes de neurônios em uma única camada oculta. A escolha de realizar os testes em uma única camada oculta foi devido ao tempo de processamento, onde cada camada oculta a mais aumenta o tempo de processamento dos dados. A Tabela 13 apresenta a configuração, o percentual de acerto nos testes e a taxa de aprendizado (valor utilizado para atualizar o peso dos neurônios a cada iteração do treinamento) analisados. A estrutura com dezoito neurônios foi a que retornou o melhor resultado, apresentando 54,3% de efetividade nos testes realizados com os 50 registros.

Após cinco dias de avaliação no HMD, foi possível extrair os dados e fazer análises sobre as respostas obtidas. No total, foram 50 pacientes testados no modelo. A cada atribuição, o executor respondia a três questões. Caso o leito apresentado em tela fosse selecionado pela técnica MAVT, a primeira e a segunda questão referenciavam a MAVT e a terceira questão representava o leito ocupado selecionado pela RNA. Caso contrário, se o leito principal tivesse sido selecionado pela RNA, a primeira e a segunda questão referenciavam a rede neural e a terceira representava o leito selecionado pela técnica MAVT.

**Tabela 13: Resultado do treinamento da RNA com diferentes configurações.**

<b>Configuração</b>	<b>Efetividade (%)</b>	<b>Taxa de Aprendizado</b>
18 neurônios	54,3	0,5
16 neurônios	51,1	0,5
14 neurônios	45,8	0,5
12 neurônios	38,3	0,5
10 neurônios	31,6	0,5

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 14. Resultado final do modelo com o total das respostas positivas.**

<b>Técnicas</b>	<b>1ª Questão</b>	<b>2ª Questão</b>	<b>3ª Questão</b>
RNA	0	0	22
MAVT	46	43	0

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 15. Resultado final do modelo em percentual (%).**

<b>Técnicas</b>	<b>1ª Questão</b>	<b>2ª Questão</b>	<b>3ª Questão</b>
RNA	0	0	44
MAVT	92	93,5	0

Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os leitos apresentados foram selecionados no modelo, utilizando a técnica MAVT. Nesse sentido, as questões referenciaram as seguintes técnicas:

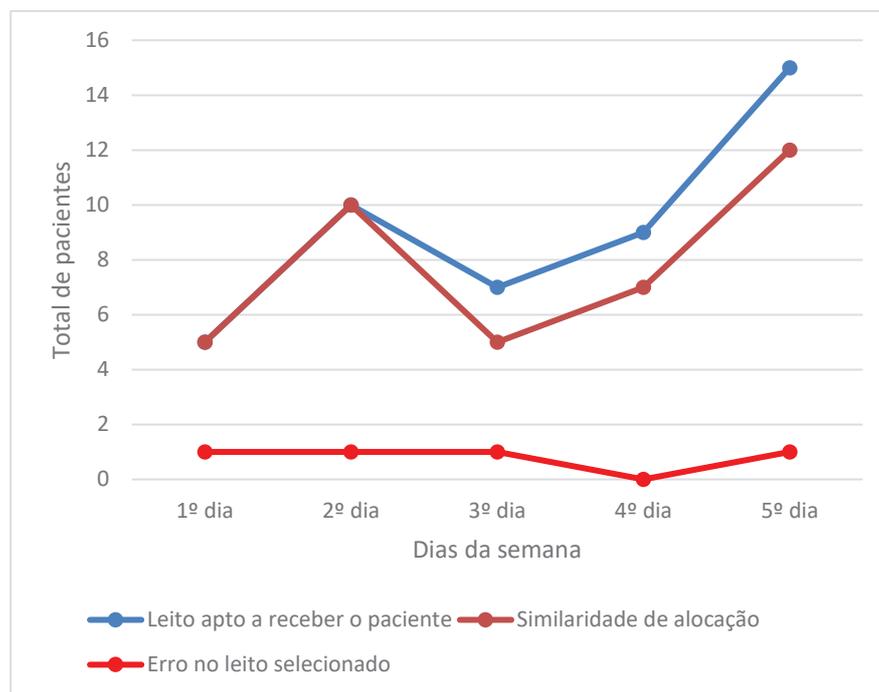
- Primeira questão referenciou a técnica MAVT 50 vezes.
- Segunda questão referenciou a técnica MAVT 50 vezes.
- Terceira questão referenciou a técnica RNA 50 vezes.

O resultado da aplicação do questionário é apresentado na Tabela 14. A primeira coluna representa a técnica utilizada pelo modelo para obter o leito. Em seguida, as colunas posteriores (1ª Questão, 2ª Questão e 3ª Questão) mostram a quantidade de vezes que a questão foi respondida com o valor “sim” no formulário de pesquisa. A Tabela 15 segue mesmo modelo da tabela anterior, porém, exibindo o resultado final em percentual. Entretanto, o valor obtido em percentual na terceira coluna (2ª Questão) não é igual a quantidade de vezes que ele foi respondido como positivo, e sim, depende da quantidade de vezes que a primeira coluna foi respondida como “sim”, obtendo o percentual de similaridade entre o modelo e o processo real.

A Figura 49 apresenta os resultados finais do modelo em dias. O eixo x representa os dias de teste, de segunda a sexta-feira; e o eixo y, o total de pacientes testados no dia. O gráfico apresenta três resultados:

- Leito apto a receber o paciente: o leito selecionado tem condições de receber o paciente. Resposta positiva na primeira questão.
- Similaridade de alocação: o paciente irá para o leito selecionado pelo modelo. Resposta positiva na segunda questão.
- Erro no leito selecionado: o leito selecionado pelo modelo não está apto a receber o paciente. Isso significa que as técnicas não atingiram os requisitos do hospital. Resposta negativa na primeira questão.

**Figura 49: Resultado final do Modelo apresentado em dias.**



Fonte: elaborado pelo autor.

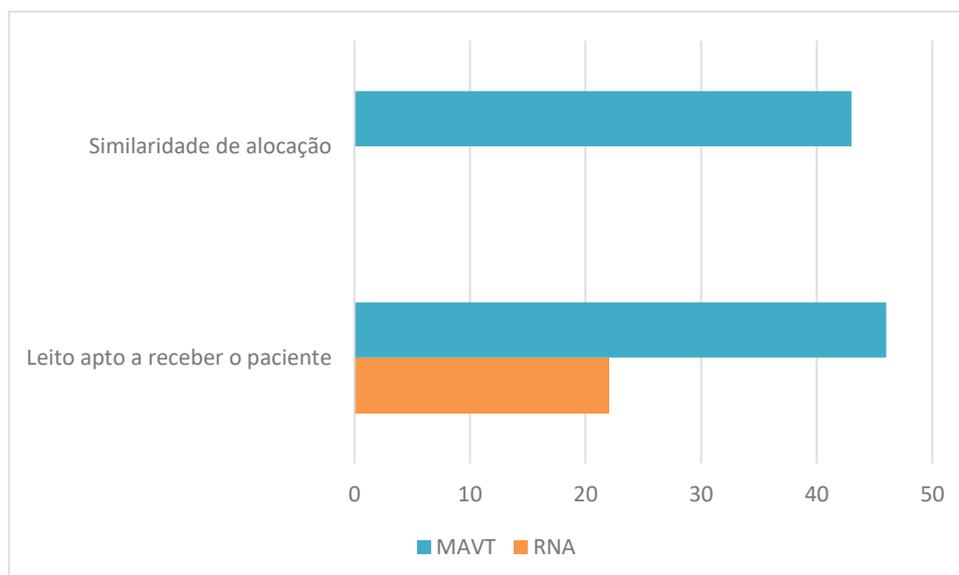
## 6.4 Discussão

Com os resultados obtidos através do formulário final, exibido na Tabela 15, foi possível observar que a técnica RNA não conseguiu atender os requisitos do hospital, selecionando sempre um leito ocupado. A taxa de ocupação alta ajudou na obtenção desse resultado. Também, é possível observar que a taxa de assertividade do leito ficou abaixo dos 50%. Esse resultado pode ter sido gerado pela falta de padrão na idade dos pacientes e pelo tempo de internação em relação ao leito, observação realizada no período do treinamento.

Todos os leitos selecionados pelo modelo foram obtidos pela técnica MAVT que alcançou, utilizando três contextos do paciente e dois do leito hospitalar, uma taxa de assertividade de 92%. Dos leitos aptos, 93,5% tiveram similaridade com a decisão do gestor. De acordo com as observações armazenadas na base, a maioria dos leitos em que não houve

similaridade deveu-se às decisões estratégicas do hospital, conforme a Tabela 16. Um dos casos de não atribuição foi porque a MAVT não traçou similaridade de perfis entre idades em um leito semiprivativo.

**Figura 50: Resultado final do Modelo, somando todos os dias.**



Fonte: elaborado pelo autor.

Houve quatro leitos, selecionados pela MAVT no modelo, que falharam. Na base de dados, foram encontradas três justificativas em relação aos resultados finais, nos quais o motivo da rejeição deu-se por selecionar um leito diferente do plano de saúde do paciente, conforme a Tabela 17. O participante também fez observações nos leitos selecionados pelo modelo em que houve similaridade com o processo real. Através dos comentários, exibido na Tabela 18, foi possível constatar que o modelo realizou transferências internas (paciente já alocado para um determinado leito foi transferido para outro no mesmo hospital); selecionou leitos semiprivativos e suítes para pacientes privativos em determinado momento, sendo aceitos pelo avaliador; alocou corretamente pacientes agendados e transferiu pacientes para a UCE. Existem outros comentários relacionados ao procedimento do paciente ou com informações gerais do enfermo. No caso dos leitos selecionados que não estavam de acordo com o tipo de acomodação do paciente, mas foram aceitos pelo avaliador, deve-se à grande demanda hospitalar devido às poucas altas existentes no momento.

É possível verificar na Figura 49 que, a partir da metade da semana, a similaridade entre o leito selecionado pelo modelo e a escolhido no processo real foi diminuindo. Tal diferença ocorreu porque a quantidade de leitos desocupados cresceu devido ao aumento de altas hospitalares. Com tais informações, é possível inferir que os resultados obtidos pelo modelo diferiram no final da semana porque a alta demanda hospitalar deixou de ser um problema para a instituição, podendo o hospital, selecionar estrategicamente qual leito os pacientes

serão alocados. Isso indica que o modelo é útil em momentos que a taxa de ocupação operacional está alta.

**Tabela 16: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos selecionados pelo modelo, que embora aptos a receber o paciente, os mesmos foram alocados para outro quarto.**

Observação	Dia da Semana
O paciente vai para o leito 604A por ser um leito mais adequado para a Cardiologia. Quadro AVC.	3º dia
Se o paciente já estivesse realizado a cirurgia, a preferência seria o leito 719. Contudo, como ele ainda não fez e não se sabe quando vai ser realizado, ele foi para 625.	3º dia
O andar fez a troca e informou à central de leitos. Ele foi para o 714b, mas o sistema apontou o 717a, que também tem os requisitos para atendê-lo.	4º dia
O leito que o sistema apresentou foi o 731a, mas ela foi para o 706a porque a paciente do 706b tem um perfil similar, idades próximas.	4º dia
Decisão estratégica do hospital.	5º dia
O leito pode receber o paciente. Contudo, o próximo paciente da lista é da traumatologia. Esse leito é mais adequado para pacientes da traumatologia.	5º dia
O paciente não irá para esse leito, por estar destinado a outro paciente.	5º dia

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 17: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos considerados inapropriados na seleção do modelo.**

Observação	Dia da Semana
O paciente foi para o semiprivativo, mas é privativo.	1º dia
O paciente é semiprivativo.	2º dia
Paciente privativo.	5º dia

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 50 compara o resultado das técnicas utilizadas no modelo, mostrando que a MAVT teve uma maior taxa de assertividade no momento de escolha de um leito apto a receber o paciente do que a RNA. Esse resultado inferior, apresentado pela Rede Neural Artificial, pode ter ocorrido pela utilização dos atributos idade e tempo de internação, que não apresentaram um padrão claro no histórico recebido pelo hospital, ou pela falta de valores nos atributos Risco e Grau de Dependência.

A técnica MAVT apresentou um resultado positivo de 92% na seleção de leitos para pacientes. Entretanto, a técnica pode apresentar falhas no processo de decisão caso o hospital resolva mudar algum padrão no processo de escolha. Como o atual método consulta a banco de dados para determinar o valor da taxa de substituição de cada critério, um novo padrão levaria algum tempo até possuir mais registros na base de dados que o antigo, para conseqüentemente, ter uma taxa de substituição maior que a anterior. Se o hospital substituísse, por exemplo, os leitos que atendem a especialidade Neurologia por outros em um local diferente, a taxa de substituição dos antigos leitos para um paciente da Neurologia seria maior do que os atuais leitos. Isso poderia causar um erro no processo de escolha do modelo.

Contudo, como a MAVT possui seis critérios diferentes no atual modelo, tal situação poderia, também, não ocorrer.

**Tabela 18: Observações realizadas pelo participante da pesquisa em relação aos leitos selecionados pelo modelo, cuja escolha foi similar ao processo real de alocação.**

<b>Observação</b>	<b>Dia da Semana</b>
O paciente é privativo. Contudo, no momento, não existia leito privativo livre. Então, ele ocupou o 711A e 711B.	1º dia
Troca interna de leitos.	1º dia
Embora o paciente seja semiprivativo, a UCE não difere pelo plano. Os leitos privativos são reservados para pacientes que precisam de isolamento.	1º dia
Paciente agendada: cardiologia.	2º dia
Movimentação interna: o paciente saiu de um leito semiprivativo para um privativo.	2º dia
Suíte	2º dia
O paciente vai para o 813. Contudo, no mesmo momento, o 815a e 815b estavam vagos.	2º dia
Provavelmente, foi para o 712.	2º dia
Troca interna.	4º dia
Procedimento de coluna: leitos do 7º andar.	4º dia
Paciente privativo foi para um semiprivativo.	4º dia
Paciente privativo foi alocado para uma suíte por falta de privativo. Somente os privativos da maternidade estavam livres no momento.	5º dia

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos podem ser comparados aos resultados observados por Tsai e Lin (2014), devido à semelhança com o IMBEDS descrito no Capítulo 3. Tsai e Lin (2014) realizaram o estudo em dois hospitais, obtendo a média de 78,2% na similaridade de atribuição do modelo com o processo real. Os hospitais obtiveram valores distintos, sendo que o primeiro obteve 91,3% e o segundo 64,7% de similaridade. Os autores constataram que quanto maior a flexibilidade no processo de atribuição, maior a dificuldade em designar o paciente ao local correto. A flexibilização ocorre quando há simultaneidade de leitos disponíveis ou pacientes com contextos semelhantes. Tais situações ocorreram no segundo hospital.

O modelo IMBEDS obteve 93,5% de similaridade na atribuição com o processo real, um resultado maior que o obtido por Tsai e Lin (2014). Contudo, a justificativa de Tsai e Lin (2014) cabe ao modelo IMBEDS também. À medida que a semana foi se aproximando do fim, houve mais leitos disponíveis, aumentando a flexibilidade nos critérios para a tomada de decisão.

Os trabalhos de Ceschia e Schaerf (2012) e Demeester et al. (2010) também foram utilizados como base para o desenvolvimento do IMBEDS. Contudo, suas pesquisas focaram apenas no tempo e custo de processamento do algoritmo, inviabilizando uma análise direta entre seus modelos com o IMBEDS. Embora a análise do processamento não seja o foco do

atual trabalho, foi observado o tempo de execução durante o processo de capacitação do modelo e o período de avaliação do mesmo. No processo de execução, observou-se que o tempo de execução da RNA é rápido em relação a MAVT, levando menos de 1 segundo para obter um resultado, enquanto o tempo da MAVT varia de acordo com o histórico registrado na base, chegando a 5 segundos com 25 mil registros. No momento da avaliação no HMD, a base de dados continha um histórico de 25 mil registros, resultando no tempo médio de 5 segundos para obter o leito nos 50 testes realizados. Como toda a arquitetura do modelo (IMBEDS.Web, IMBEDS.Service, IMBEDS.Temp.Hospita e banco de dados) estava no mesmo servidor no período de treinamento e avaliação, não houve tráfego de informações entre diferentes computadores, evitando a latência da rede que poderia interferir no tempo total do processamento.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de Gerenciamento de Leitos expandiu-se na última década. Essa área busca manter o equilíbrio entre a entrada e a saída de pacientes para que não haja falta de quartos hospitalares devido à taxa de ocupação alta, nem tenha poucos pacientes alocados nos leitos pela taxa de ocupação baixa (BOADEN et al. 1999). O modelo propôs a utilização da Ciência de Situação como base para a tomada de decisão na alocação de pacientes em um hospital, utilizando um modelo híbrido que une técnicas já conhecidas da Inteligência Artificial (RNA) e a Pesquisa Operacional (MAVT).

Como base, foram analisados três trabalhos que tinham como objetivo transferir pacientes de um hospital utilizando informações contextuais. Tais trabalhos contribuíram para a escolha das informações contextuais, que foram apresentadas e confirmadas pelo gestor de leitos no HMD. Os modelos estudados contribuíram para a escolha da solução técnica do IMBEDS, apresentando a utilização de modelos híbridos e sua contribuição no processo de seleção, bem como as técnicas utilizadas para a seleção. A fim de determinar a viabilidade do IMBEDS, foi realizada uma avaliação com pacientes reais no HMD. Para tanto, utilizou-se o método de avaliação similar ao modelo de Tsai e Lin. (2014), que usou perguntas objetivas para o gestor do hospital, verificando a similaridade de escolha do modelo com a seleção real do responsável.

O resultado geral apresentado pelo modelo foi de 92% de assertividade na escolha do leito e 93,5% de similaridade entre o leito apto apresentado e o processo real. Contudo, todos os resultados apresentados foram gerados da técnica MAVT. A técnica RNA não atendeu aos requisitos do hospital devido à alta taxa de ocupação. Dos 50 pacientes testados pela rede, 44% dos leitos selecionados poderiam receber o paciente. Esse resultado pode ter sido gerado por dois atributos (idade e tempo de internação) que não apresentavam um padrão de leitos - analisado posteriormente nos arquivos Excel que continham o histórico de registros do hospital - e outros dois atributos que não tinham valores (risco e grau de dependência).

Nas próximas seções, apresenta-se a comparação do IMBEDS com os trabalhos relacionados no capítulo 3, destacando a contribuição científica que esta pesquisa trouxe e os trabalhos futuros que este modelo poderia receber na busca de excelência em sua proposta.

### 7.1 Contribuições

O modelo IMBEDS, apresentado nesta pesquisa, buscou fundamentos em outros trabalhos desenvolvidos na área que utilizaram a Ciência de Situação para atribuir pacientes a leitos hospitalares a nível operacional. Para o processo de atribuição, cada trabalho buscou uma ou mais técnicas diferentes. No entanto, utilizaram informações contextuais semelhantes do paciente e do hospital. A Tabela 19 apresenta as áreas de atuação, técnicas e informações contextuais utilizadas pelos trabalhos relacionados e pelo IMBEDS.

O IMBEDS utilizou um modelo híbrido, semelhante ao trabalho de Demeester et al. (2010) e Ceschia e Schaerf. (2012), buscando um menor tempo de atribuição para avaliação prática em um hospital. Contudo, o tempo de atribuição não foi avaliado neste trabalho. O IMBEDS utilizou todas as informações contextuais usadas nos trabalhos relacionados. No entanto, alguns trabalhos não levaram em consideração o contexto utilizado por outros estudos. Ressalta-se como exemplo o tipo de admissão, que no modelo dos autores Demeester et al. (2010) e Ceschia e Schaerf. (2012) não foi levado em consideração no momento da atribuição, mas no trabalho de Tsai e Lin. (2014) foi utilizado. A relação desse contexto é representada na Tabela 19.

**Tabela 19. Comparação dos trabalhos relacionados com o modelo IMBEDS.**

Artigo		Demeester et al. (2010)		Ceschia e Schaerf. (2012)		Tsai e Lin. (2014)		Pinto et al. (2014)		IMBEDS	
Área do Gerenciamento de Leito		Alocação		Alocação		Alocação		Alocação		Alocação	
Paciente		Eletivo		Não Eletivo/Eletivo		Eletivo		Não Eletivo/Eletivo		Não Eletivo/Eletivo	
Híbrido	Atuam em Conjunto	Sim	Não	Sim	Não	Não	N/A	Não	N/A	Sim	Sim
<b>Contribuição Científica</b>		Programação Inteira/ Tabu		ILP/Busca em Vizinhança		MAVT		Filas – Poisson		<b>RNA/MAVT</b>	
Nível		Operacional		Operacional		Operacional		Estratégico		Operacional	
Especialidade		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim	
Gênero		Sim		Sim		Não		Não		Sim	
Idade		Sim		Sim		Não		Não		Sim	
Acomodação	Preferência	Sim	Fraco	Sim	Fraco	Sim	Fraco	Não	N/A	Sim	Alto
Riscos		Sim		Não		Não		Não		Sim	
Grau de Dependência		Sim		Sim		Não		Não		Sim	
Tempo de Internação		Sim		Sim		Não		Sim		Sim	
Tipo de Admissão		Não		Não		Sim		Não		Sim	
Status do Leito		Sim		Sim		Sim		Não		Sim	
Política de Gêneros no Quarto		Sim		Sim		Não		Não		Sim	
Atraso/Dias de espera		Não		Sim		Sim		Não		Não	

Fonte: elaborado pelo autor.

O contexto acomodação, utilizado pelos trabalhos relacionados, possui uma relevância fraca no momento de atribuição. Contudo, no HMD, esse contexto teve grande relevância. Como o hospital estudado atende somente pacientes de planos privados e particulares, atribuir um enfermo a um leito que não esteja de acordo com a sua preferência pode causar sérios problemas ao hospital, tanto em relação à perda de recursos financeiros quanto aos processos judiciais.

O modelo IMBEDS buscou contribuir cientificamente com um modelo híbrido que utiliza a técnica cognitiva Ciência de Situação para a tomada de decisão no processo de alocação de

pacientes em leitos hospitalares adequados ao seu tratamento a nível operacional, auxiliando o processo de decisão do gestor. Para tal processo, a técnica cognitiva fez uso das informações contextuais dos enfermos (especialidade, gênero, idade, acomodação, riscos, grau de dependência, tempo de internação, tipo de admissão, status do leito, políticas de gênero) e do hospital (status do leito e políticas de gênero) para compreensão da situação, e assim, selecionar o leito adequado para o paciente naquele momento, utilizando as técnicas RNA e MAVT para projeção futura.

## **7.2 Trabalhos futuros**

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, algumas mudanças podem complementar o estudo realizado a fim de auxiliar no desenvolvimento de uma ferramenta que possa apoiar o gestor de leitos, a nível operacional, na atribuição de pacientes a leitos adequados para o seu tratamento.

No que se refere à Rede Neural Artificial, a remoção de alguns parâmetros que não possuem um padrão de atribuição analisado nos registros históricos cedidos pelo hospital (tempo de internação e idade) após o treinamento, pode contribuir para que a rede tenha uma maior taxa de assertividade. Os campos de risco e grau de dependência vieram em um campo chamado observação do Excel junto com outras informações do paciente, como nome do atendente, formas de pagamento, entre outros dados não relevantes para alocação. A extração dessas informações pode contribuir para aumentar a assertividade da RNA.

A MAVT perdeu desempenho à medida que havia mais leitos livres ao mesmo tempo. Esse resultado abre a possibilidade de explorá-lo de forma mais estratégica, recebendo outras informações contextuais do leito e dos demais pacientes da lista de espera. Isso permitiria que o modelo pudesse selecionar um leito, observando os próximos pacientes da lista de espera. A possibilidade de usar outras informações do estado do leito, tais como alta hospitalar, aguardando higienização, higienização em execução, permitiria que o modelo selecionasse leitos que estariam livres em questão de horas. É inevitável constatar que essas novas estratégias possivelmente auxiliariam o gestor a tomar decisões com antecedência.



## REFERÊNCIAS

- ABOWD, G. D.; DEY, A. K.; BROWN, P. J.; DAVIES, N.; SMITH, M.; STEGGLES, P. Towards a better understanding of context and context-awareness. In: *Handheld and ubiquitous computing*, 1., 1999, Karlsruhe, Alemanha. **Proceedings...**[S.l.]: Springer, 1999. p. 304-307.
- ABOWD, G. D.; MYNATT, E. D. Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 29-58, 2000.
- ABO-HAMAD, W.; ARISHA, A. Simulation-based framework to improve patient experience in an emergency department. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 224, n. 1, p. 154-166, 2013.
- ABRAHAM, A.; PEDRYCZ, W. Hybrid Artificial Intelligence Systems. In: **International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems**, 3., 2008, Burgos, Espanha, *Anais...*[S.l.]: Springer, 2008. p. 1-4.
- ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. **Web services**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 2004.
- AMATO, F.; LÓPEZ, A.; PEÑA-MÉNDEZ, E. M.; VANHARA, P.; HAMPL, A.; HAVEL, J. Artificial neural networks in medical diagnosis. **Journal of applied biomedicine**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 47-58, 2013.
- BARADO, J.; GUERGUÉ, J. M.; ESPARZA, L.; AZCÁRATE, C.; MALLOR, F.; OCHOA, S. A mathematical model for simulating daily bed occupancy in an intensive care unit. **Critical care medicine**, [S.l.] v. 40, n. 4, p. 1098-1104, 2012.
- BASHEER, I. A.; HAJMEER, M. Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. **Journal of microbiological methods**, [S.l.], v. 43, n. 1, p. 3-31, 2000.
- BEDNY, G.; MEISTER, D. Theory of activity and situation awareness. **International Journal of cognitive ergonomics**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 63-72, 1999.
- BEINAT, E. Value functions for environmental management. In: **Value Functions for Environmental Management**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 1997. p. 77-106.
- BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 2002.
- BOADEN, R.; PROUDLOVE, N.; WILSON, M. An exploratory study of bed management. **Journal of management in medicine**, London, v. 13, n. 4, p. 234-250, 1999.

BOYLE, J.; JESSUP, M.; CRILLY, J.; GREEN, D.; LIND, J.; WALLIS, M.; MILLER, P.; FITZGERALD, G. Predicting emergency department admissions. **Emergency Medicine Journal**, [S.l.] v. 29, n. 5, p. 358-365, 2012.

CASTRO, F. C. C. de; CASTRO, M. C. F. de; **Redes Neurais Artificiais**. Disponível em: <[http://www.feng.pucrs.br/~decastro/pdf/RNA\\_C4.pdf](http://www.feng.pucrs.br/~decastro/pdf/RNA_C4.pdf)>. Acesso em: 08/06/2015

CESCHIA, S.; SCHAERF, A. Modeling and solving the dynamic patient admission scheduling problem under uncertainty. **Artificial Intelligence in Medicine**, [S.l.], v. 56, n. 3, p. 199-205, 2012.

COMMISSION A. **Lying in wait: the use of medical beds in acute hospitals**. 1. ed. London: Honey Press Ltd, 1992.

DE BRUIN, A. M.; VAN ROSSUM, A. C.; VISSER, M. C.; KOOLE, G. M. Modeling the emergency cardiac in-patient flow: an application of queuing theory. **Health Care Management Science**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 125-137, 2007.

DEMEESTER, P.; SOUFFRIAU, W.; DE CAUSMAECKER, P.; BERGHE, G. V. A hybrid tabu search algorithm for automatically assigning patients to beds. **Artificial Intelligence in Medicine**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 61-70, 2010.

DEY, A. K. Understanding and using context. **Personal and ubiquitous computing**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 4-7, 2001.

DICKINSON, G. Emergency department overcrowding. **CMAJ: Canadian Medical Association Journal**, [S.l.], v. 140, n. 3, p. 270-271, 1989.

E COSTA, C. A. B.; ENSSLIN, L.; CORRÊA, E. C.; VANSNICK, J. C. Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 113, n. 2, p. 315-335, 1999.

ENDSLEY, M. R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 97-101, 1988.

ENDSLEY, M. R.; JONES, W. Situation awareness. In **The Oxford Handbook of Cognitive Engineering**. 1. ed. [S.l.]: Oxford University Press, 2013. p. 88-108.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. 1. ed. Florianópolis: Insular, 2001.

FORE, A. M.; SCULLI, G. L. A concept analysis of situational awareness in nursing. **Journal of Advanced Nursing**, [S.l.], v. 69, n. 12, p. 2613-2621, 2013.

FUSCO, D.; SAITTO, C.; ARCÀ, M.; PERUCCI, C. A. Influenza outbreaks and hospital bed occupancy in Rome (Italy): current management does not accommodate for seasonal variations in demand. **Health Services Management Research**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 36-43, 2006.

GARDNER, M. W.; DORLING, S. R. Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences. **Atmospheric environment**, [S.l.], v. 32, n. 14, p. 2627-2636, 1998.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisão em cenários complexos**. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; GONZÁLEZ, M. C. A.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2004.

GORUNESCU, F.; MCCLEAN, S. I.; MILLARD, P. H. Using a queueing model to help plan bed allocation in a department of geriatric medicine. **Health Care Management Science**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 307-312, 2002.

GRIFFITHS, J. D.; KNIGHT, V.; KOMENDA, I. Bed management in a critical care unit. **IMA Journal of Management Mathematics**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 137-153, 2013.

GRIFFITHS, J. D.; PRICE-LLOYD, N.; SMITHIES, M.; WILLIAMS, J. A queueing model of activities in an intensive care unit. **IMA Journal of Management Mathematics**, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 277-288, 2006.

GUARRERA, T. K.; MCGEORGE, N. M.; CLARK, L. N.; LAVERGNE, D. T.; HETTINGER, Z. A.; FAIRBANKS, R. J.; BISANTZ, A. M. Cognitive engineering design of an emergency department information system. In **Cognitive Systems Engineering in Health Care**. 1. ed. [S.l.]: CRC Press, 2014. p. 43-74.

HAGAN, M. T.; DEMUTH, H. B.; BEALE, M. H. **Neural network design**. 1. ed. [S.l.]: Martin Hagan, 1996.

HING, E.; BHUIYA, F. A. Wait Time for Treatment in Hospital Emergency Departments, 2009. **NCHS Data Brief**, Hyattsville, n. 102, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/nchs/products/databriefs/db102.htm>> Acesso em: 12 mai. 2016

IRESON, N. Local community situational awareness during an emergency. In: Digital Ecosystems and Technologies, 3., 2009, Istanbul, Turquia. **Anais...**[S. l.]: IEEE, 2009. p. 49-54.

JAIN, A. K.; MAO, J.; MOHIUDDIN, K. M. Artificial neural networks: A tutorial. **IEEE Computer**, [S.l.], v. 29, n. 3, p. 31-44, 1996.

JOHAR, M.; JONES, G. S.; SAVAGE, E. Emergency admissions and elective surgery waiting times. **Health economics**, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 749-756, 2013.

KARAMANLI, H.; YALCINOZ, T.; YALCINOZ, M. A.; YALCINOZ, T. A prediction model based on artificial neural networks for the diagnosis of obstructive sleep apnea. **Sleep and Breathing**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 509-514, 2016.

KEENEY, R. L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-making**. 1. ed. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1992

KEMBE, M. M.; AGADA, P. O.; OWUNA, D. A queuing model for hospital bed occupancy management: a case study. **International Journal of Computational and Theoretical Statistics**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 13-28, 2014.

KUSTERS, R. J.; GROOT, P. M. Modelling resource availability in general hospitals design and implementation of a decision support model. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 88, n. 3, p. 428-445, 1996.

LANE, D. C.; MONEFELDT, C.; ROSENHEAD, J. V. Looking in the wrong place for healthcare improvements: A system dynamics study of an accident and emergency department. **Journal of the operational Research Society**, [S.l.], v. 51, n. 5, p. 518-531, 2000.

LOWY, J. **Programming WCF services**. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2007.

MACKEY, A. **Introducing .NET 4.0: With Visual Studio 2010**. 1. ed. [S.l.]: Apress, 2010.

MADEY, G. R.; BARABÁSI, A. L.; CHAWLA, N. V.; GONZALEZ, M.; HACHEN, D.; LANTZ, B.; PAWLING, A.; SCHOENHARL, T.; SZABÓ, G.; WANG, P.; YAN, P. Enhanced situational awareness: Application of DDDAS concepts to emergency and disaster management. In: Computational Science–ICCS, 7., 2007, Beijing, China. **Anais...**[S.l.]: Springer, 2007. p. 1090-1097.

MARINESCU, F. **EJB design patterns**. 1. ed. New York: Wiley, 2002.

MATOS, J.; RODRIGUES, P. P. Modeling Decisions for Hospital Bed Management – A Review. In: International Conference on Health Informatics, 4., 2011, Valencia, Espanha. **Anais...**[S.l.]: HEALTHINF, 2011. p. 504-507.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 115-133, 1943.

Microsoft. **Chapter 3: Architectural Patterns and Styles**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee658117.aspx>>. Acesso em: 02/06/2015

MOORE, P. T.; SHARMA, M. Enhanced patient management in a hospital setting. **IT CoNvergence PRActice (INPRA)**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 1-21, 2013.

MUSTAJOKI, J.; SAARIKOSKI, H.; MARTTUNEN, M.; AHTIKOSKI, A.; HALLIKAINEN, V.; HELLE, T.; HYPPÖNEN, M.; JOKINEND, M.; NASKALID, A.; TUULENTIED, S.; VATANEN, E.; YLISIRNIÖ, A.; VARMOLA, M. Use of decision analysis interviews to support the sustainable use of the forests in Finnish Upper Lapland. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 92, n. 6, p. 1550-1563, 2011.

NAGY, H. M.; WATANABE, K. A. N. D.; HIRANO, M. Prediction of sediment load concentration in rivers using artificial neural network model. **Journal of Hydraulic Engineering**, [S.l.], v. 128, n. 6, p. 588-595, 2002.

NAIRN, S. The politics of beds. **Accident and emergency nursing**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 68-74, 2003.

NAKOV, S.; KOLEV, V.; DIMITROV, D.; GERMANOV, H.; MURDANLIEV, I.; STOYNOV, M.; VALKOV, M.; BIVAS, M.; KOSTOV, N.; NEDYALKOV, N.; VASILEV, N.; DONCHEV, P.; HADJIEVA, P.; IVANOV, R.; KIRILOV, R.; TODOROV, R.; ZLATINOV, S.; STAEV, S.; BOZHNIKOV, T.; STOEV, T.; KONOV, T.; GEORGIEV, V.; PAVLOV, Y.; YOSIFOV, Y. **Fundamentals Of Computer Programming With C#**. 1. Ed. Veliko Tarnovo: Faber, 2013

National Audit Office [Internet]. **Inpatient Admissions and Bed management in NHS acute hospitals**, fev. 2000. Disponível em: <<http://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2000/02/9900254es.pdf>>. Acesso em: 01/06/2015

PANTELI, M.; KIRSCHEN, D. S. Situation awareness in power systems: Theory, challenges and applications. **Electric Power Systems Research**, [S.l.], v. 122, p. 140-151, 2015.

PINTO, L. R.; CAMPOS, F. C. C. de; PERPETUO, I. H. O.; RIBEIRO, N. M. B.; CRISTINA, Y. Analisis of hospital bed capacity via queuing theory and simulation. In: Winter Simulation Conference (WSC), 46., 2014, Savannah, Geórgia. **Anais...**[S.l.]: IEEE, 2014. p. 1281-1292.

POFAHL, W. E.; WALCZAK, S. M.; RHONE, E.; IZENBERG, S. D. Use of an artificial neural network to predict length of stay in acute pancreatitis. **The American surgeon**, [S.l.], v. 64, n. 9, p. 868, 1998.

PROUDLOVE, N. C.; GORDON, K.; BOADEN, R. Can good bed management solve the overcrowding in accident and emergency departments?. **Emergency Medicine Journal**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 149-155, 2003.

REESE, G.; YARGER, R.; KING, T.; WILLIAMS, H. **Managing & using MySQL: Open source SQL databases for managing information & Web sites**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2002.

- ROJAS, R. **Neural Networks: A Systematic Introduction**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 1996.
- ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 1996.
- RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. **NATURE**, [S.l.], v. 323, n. 6088, p. 533-535, 1986.
- SANTOS, A.; SEIXAS, J.; PEREIRA, B.; MEDRONHO, R. Usando redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite A. **Rev Bras Epidemiol**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 117-126, 2005.
- SILVA, M. S. **Web design responsivo**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2014.
- SINGH, H.; GIARDINA, T. D.; PETERSEN, L. A.; SMITH, M. W.; PAUL, L. W.; DISMUKES, K.; BHAGWATH, G.; THOMAS, E. J. Exploring situational awareness in diagnostic errors in primary care. **BMJ quality & safety**, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 30-38, 2012.
- SMITH, K.; HANCOCK, P. A. Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 137-148, 1995.
- SNELL, J.; TIDWELL, D.; KULCHENKO, P. **Programming Web services with SOAP**. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2001.
- STANTON, N. A.; CHAMBERS, P. R.; PIGGOTT, J. Situational awareness and safety. **Safety science**, [S.l.], v. 39, n. 3, p. 189-204, 2001.
- STEFANOPOULOS, K.; YANG, H.; GEMITZI, A.; TSAGARAKIS, K. P. Application of the Multi-Attribute Value Theory for engaging stakeholders in groundwater protection in the Vosvozis catchment in Greece. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 470, p. 26-33, 2014.
- SULLIVAN, K. B.; FEIGH, K. M.; MAPPUS, R.; DURSO, F. T.; FISCHER, U.; POP, V.; MOSIER, K. L.; MORROW, D. G. Using neural networks to assess flight deck human-automation interaction. **Reliability Engineering & System Safety**, [S.l.], v. 114, p. 26-35, 2013.
- TAKO, A. A.; ROBINSON, S. Is simulation in health different?. **Journal of the Operational Research Society**, [S.l.] v. 66, n. 4, p. 602-614, 2014.
- TEOW, K. L.; EL-DARZI, E.; FOO, C.; JIN, X.; SIM, J. Intelligent analysis of acute bed overflow in a tertiary hospital in Singapore. **Journal of Medical Systems**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 1873-1882, 2012.

TSAI, P. F.; LIN, F. M. An Application of Multi-Attribute Value Theory to Patient-Bed Assignment in Hospital Admission Management: an Empirical Study. **Journal of healthcare engineering**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 439-456, 2014.

TU, J. V. Advantages and disadvantages of using artificial neural networks versus logistic regression for predicting medical outcomes. **Journal of clinical epidemiology**, [S.l.], v. 49, n. 11, p. 1225-1231, 1996.

VISSERS, J. M.; ADAN, I. J.; DELLAERT, N. P. Developing a platform for comparison of hospital admission systems: An illustration. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 180, n. 3, p. 1290-1301, 2007.



**ANEXO A - TEMPLATE DO ARQUIVO DE TREINAMENTO DO IMBEDS**

Grau Dependência	Especialidade	Idade	Risco	Acomodação	Tipo Internação	Tempo Internação	Sexo	Leito
------------------	---------------	-------	-------	------------	-----------------	------------------	------	-------



## ANEXO B - TEMPLATE DO ARQUIVO RECEBIDO COM O HISTÓRICO DE INTERNAÇÕES

CDANO	CDMES	MES	CDATEND	CDPACIENTE	SEXO	DTBAIXA	HRBAIXA	DTALTA	HRALTA	DIASPERM	QTIDADE	CDCONVENIO	CONVENIO	CDESPECIALIDADE	ESPECIALIDADE	CDTIPO
TIPO	CARATERINTERNAO	CDPROCEDIMENTO	PROCEDIMENTO	CCID	CID	OBSPACIENTE	OBSATENDIMENTO	CDUNIDADE	UNIDADE	CDLEITO	LEITO	CDACOMREAL	ACOMREAL	CDACOMCOBERT	ACOMCOBERT	CDDIFACOM



**ANEXO C - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP UNISINOS**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** IMBEDS: SERVIÇO INTELIGENTE PARA GERENCIAMENTO DE LEITOS UTILIZANDO CIÊNCIA DA SITUAÇÃO

**Pesquisador:** Murillo da Silveira GrÜbler

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 53655816.0.0000.5344

**Instituição Proponente:** Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.460.122

**Apresentação do Projeto:**

No âmbito do PPG em Computação Aplicada da UNISINOS, nível de mestrado, o aluno Murillo da Silveira GrÜbler, juntamente com seu orientador, Prof. Dr. Cristiano André da Costa, apresenta o Projeto de Pesquisa IMBEDS: Serviço inteligente para gerenciamento de leitos utilizando ciência da situação. O objetivo da pesquisa concentra-se na aprovação do IMBEDS para alocação de pacientes eletivos em leitos adequados ao seu tratamento, considerando suas informações contextuais (idade, sexo, especialidade do tratamento, grau de risco, acomodação, tempo de internação, tipo de internação, grau de dependência) dos pacientes salvos na base de dados do Hospital Mãe de Deus – Porto Alegre, no momento da realização da pesquisa. A validação do modelo ocorrerá na Central de Leitos do referido Hospital. A metodologia a ser aplicada em 2 etapas prevê, primeiro, o treinamento do modelo com dados históricos de pacientes que foram internados nesta instituição de saúde nos últimos dois anos – a atividade não envolverá pacientes diretamente, utilizando apenas informações contextuais armazenadas nas bases de dados. A segunda etapa consiste na aplicação do modelo no referido hospital pela Central de Leitos, “com pacientes eletivos reais.”

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo da pesquisa é claro e preciso.

**Endereço:** Av. Unisinos, 950

**Bairro:** Cristo Rei

**CEP:** 93.022-000

**UF:** RS

**Município:** SAO LEOPOLDO

**Telefone:** (51)3591-1198

**Fax:** (51)3590-8118

**E-mail:** cep@unisinos.br

Continuação do Parecer: 1.460.122

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A primeira parte da pesquisa não apresenta riscos, pois consiste em uma coleta de dados contextuais de pacientes e suas alocações de leitos no hospital. A segunda fase apresenta risco mínimo, uma vez que será perguntado: “o leito determinado pelo sistema está apto a receber esse paciente?” SIM ou NÃO? E “o paciente será transferido para esse leito?” SIM ou NÃO? Estas perguntas serão feitas ao responsável pelas alocações.

Os resultados da pesquisa parecem alentadores para contribuir nas investigações sobre a alocação de pacientes em Hospitais.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto é bom e apresenta fortes contribuições concernentes ao tema das alocações de pacientes em Hospitais através da validação do modelo proposto.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto vem acompanhado do Termo de Cessão do Uso de Informações (TCUI) e do TCLE. Os documentos são informativos e completos.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Conforme "Parecer Consubstanciado do CEP", o projeto está aprovado com recomendações no TCLE. Para agilizar o processo de aprovação, o Comitê fez os ajustes no TCLE. Na Plataforma Brasil está, em anexo, o TCLE aprovado, data dia 21/03/2016.

A documentação de aprovação (a Resolução e o TCLE carimbado e assinado pelo CEP) será encaminhada, posteriormente, ao email do pesquisador responsável.

Com a nova versão da Plataforma Brasil, deve fazer a busca do “Parecer Consubstanciado do CEP”, nos “Documentos do Projeto de Pesquisa”, na Árvore de Arquivos. Para visualizar é necessário expandir as pastas totalmente, com as setas apontadas para baixo, até encontrar “Apreciação – Universidade do Vale do Rio dos Sinos” abrirá pasta “Pareceres” e nesta constará o “Parecer Consubstanciado do CEP”. Dúvidas faça contato com Nirse Bauermann, 3591-1198 ou ramal 2198.

**Endereço:** Av. Unisinos, 950

**Bairro:** Cristo Rei

**CEP:** 93.022-000

**UF:** RS

**Município:** SAO LEOPOLDO

**Telefone:** (51)3591-1198

**Fax:** (51)3590-8118

**E-mail:** cep@unisinos.br

Continuação do Parecer: 1.460.122

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Murilo_Grubler.doc	21/03/2016 16:31:54	José Roque Junges	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_670484.pdf	17/03/2016 22:46:22		Aceito
Outros	TCUI.pdf	17/03/2016 22:42:09	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	imbeds.docx	17/03/2016 22:39:56	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/03/2016 22:39:20	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	29/02/2016 22:54:34	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Outros	Carta_Anuencia.pdf	29/02/2016 21:00:13	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO LEOPOLDO, 21 de Março de 2016

---

**Assinado por:**  
**José Roque Junges**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Av. Unisinos, 950

**Bairro:** Cristo Rei

**CEP:** 93.022-000

**UF:** RS

**Município:** SAO LEOPOLDO

**Telefone:** (51)3591-1198

**Fax:** (51)3590-8118

**E-mail:** cep@unisinos.br

**ANEXO D - PARECER CONSUBSTANCIADO CEP HMD**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

Elaborado pela Instituição Coparticipante

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** IMBEDS: SERVIÇO INTELIGENTE PARA GERENCIAMENTO DE LEITOS UTILIZANDO CIÊNCIA DA SITUAÇÃO

**Pesquisador:** Murillo da Silveira GrÜbler

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 53655816.0.3001.5328

**Instituição Proponente:** Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.507.768

**Apresentação do Projeto:**

Projeto de pesquisa de Mestrando. O objetivo da pesquisa é a aprovação de um software denominado IMBEDS, que servirá para a alocação de pacientes em leitos mais adequados para sua condição. A pesquisa será realizada no Hospital Mãe de Deus de Porto Alegre. A pesquisa será realizada em duas etapas: a primeira será coleta de dados de prontuários de pacientes que já tiveram alta e não mais estão no hospital; a segunda etapa será a aplicação do modelo do software na Central de Leitos com pacientes internados.

**Objetivo da Pesquisa:**

A pesquisa busca melhorar a alocação dos pacientes em leitos adequados para seu tratamento, como condições físicas, idade e etc., de forma mais rápida e dinâmica, a ser realizada no momento da internação do paciente.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: considero mínimos os riscos da pesquisa.

Benefícios: vislumbro agilidade e maior precisão no momento da internação do paciente, com a utilização do software pela central de leitos do Hospital.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto bem elaborado, específico, claro e preciso.

**Endereço:** JOSE DE ALENCAR, 286

**Bairro:** MENINO DEUS

**CEP:** 90.880-480

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (51)3230-6087

**Fax:** (51)3230-2032

**E-mail:** cep.ucmd@maededeus.com.br

HOSPITAL MÃE DE  
DEUS/ASSOCIAÇÃO  
EDUCADORA SÃO CARLOS -



Continuação do Parecer: 1.507.768

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Presentes os requisitos.

**Recomendações:**

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da legislação vigente, em especial da resolução CNS 466/12, o Comitê de Ética em Pesquisa deverá receber notificação de eventos adversos e relatórios periódicos sobre o andamento do estudo (formulários disponíveis no site <http://www.maededeus.com.br/2010/Universidade/Projetos.aspx>), bem como a qualquer tempo e a critério o pesquisados nos casos de relevância, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. No caso em que seja preciso, posteriormente, ser apresentado ao nosso Comitê uma mudança substancial para o protocolo, envie-nos a versão do novo protocolo ou do formulário de consentimento, indicando de forma facilmente visível (em negrito, em destaque na cor ou sublinhado mostrando a antiga e a nova versão) as alterações propostas.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O Comitê de Ética em Pesquisa CEP, do Hospital Mãe de Deus, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12, manifesta-se pela Aprovação do projeto de pesquisa proposto.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Murilo_Grubler.doc	21/03/2016 16:31:54	José Roque Junges	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_670484.pdf	17/03/2016 22:46:22		Aceito
Outros	TCUI.pdf	17/03/2016 22:42:09	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	imbeds.docx	17/03/2016 22:39:56	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/03/2016 22:39:20	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	29/02/2016		Aceito

**Endereço:** JOSE DE ALENCAR, 286

**Bairro:** MENINO DEUS

**CEP:** 90.880-480

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (51)3230-6087

**Fax:** (51)3230-2032

**E-mail:** cep.ucmd@maededeus.com.br

HOSPITAL MÃE DE  
DEUS/ASSOCIAÇÃO  
EDUCADORA SÃO CARLOS -



Continuação do Parecer: 1.507.768

Básicas do Projeto	ETO_670484.pdf	22:58:30		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	29/02/2016 22:54:34	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Outros	Carta_Anuencia.pdf	29/02/2016 21:00:13	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_de_Ausencia.docx	29/02/2016 20:48:14	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	imbeds.docx	28/02/2016 23:34:22	Murillo da Silveira GrÜbler	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PORTO ALEGRE, 20 de Abril de 2016

---

**Assinado por:**  
**ANDRÉ JOBIM DE AZEVEDO**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** JOSE DE ALENCAR, 286

**Bairro:** MENINO DEUS

**CEP:** 90.880-480

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (51)3230-6087

**Fax:** (51)3230-2032

**E-mail:** cep.ucmd@maededeus.com.br

**ANEXO E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

A proposta deste estudo denominado **IMBEDS: Serviço Inteligente para Gerenciamento de Leitos utilizando Ciência da Situação** visa validar o modelo desenvolvido, cujo objetivo é informar ao gestor responsável pelas alocações de enfermos, qual o leito ideal para o tratamento dos pacientes eletivos. Este estudo faz parte da avaliação do projeto de dissertação do Murillo da Silveira Grubler, aluno do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Unisinos e orientando do Professor Doutor Cristiano André da Costa.

Você está sendo convidado a participar como voluntário dessa pesquisa com o objetivo de validá-lo. O processo de validação será realizado em um *software* (programa de computador) que possui o modelo e o questionário de validação em suas instruções. Tal programa de computador somente poderá ser acessado em um navegador (programa de computador que habilita seus usuários acessar páginas na internet), realizando o processo de alocação e exibindo em seguida as perguntas. A primeira tarefa consiste em executar a aplicação, inserindo o código de atendimento do paciente no hospital em um campo de texto. A segunda etapa apresenta duas perguntas sobre o resultado obtido, apresentando opções de escolha e um campo para observações.

O estudo não apresenta riscos à saúde e contribuirá na investigação sobre alocações de pacientes em hospitais, visando à melhora no processo. A sua privacidade e de outros participantes serão respeitadas, ou seja, o nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa o identificar, será mantido em sigilo. Você pode se recusar a participar do estudo, ou retirar o consentimento a qualquer momento, sem sofrer qualquer prejuízo.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências. O contato com o pesquisador poderá ser realizado através do e-mail [msgrubler@gmail.com](mailto:msgrubler@gmail.com) ou pelo telefone (51) 9817-1657.

Não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação. No entanto, caso você tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito bancário em até dez dias úteis após apresentação das notas fiscais. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente em sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Este documento será assinado em duas vias, ficando uma com você e a outra com o pesquisador.

Porto Alegre, 31 de Maio de 2016.

  
Assinatura do participante

  
Murillo da Silveira Grubler  
(Responsável pela pesquisa)

**ANEXO F - TERMO DE CESSÃO DO USO DE INFORMAÇÕES (TCUI)**

## TERMO DE CESSÃO DO USO DE INFORMAÇÕES

Eu, Suzana Pires de Oliveira, coordenadora da Central de Leitos do Hospital Mãe de Deus concedo permissão para a pesquisa intitulada “IMBEDS: Serviço Inteligente para Gerenciamento de Leitos Utilizando Ciência da Situação” do mestrando Murillo da Silveira Grubler e seu orientador Cristiano André da Costa, da instituição de ensino Unisinos, a utilizar informações contextuais de pacientes presentes na base de dados do hospital, que são obtidas em registros e prontuários do enfermo. As informações concedidas serão utilizadas nas duas etapas do projeto de formas diferentes. A primeira etapa consiste na calibração do modelo desenvolvido, permitindo a previsão de dados. A etapa final utilizará os dados do paciente testado para validar o modelo.

A primeira fase da pesquisa utilizará determinadas informações dos pacientes para o treinamento do modelo, permitindo que o mesmo seja capaz de prever resultados (leitos) utilizando técnicas de inteligência artificial com ciência situacional. O *software* desenvolvido pelo pesquisador necessitará de uma grande quantidade de dados históricos para se tornar eficiente, necessitando de aproximadamente dois mil registros de ex-pacientes internados nos últimos dois anos. Os dados contextuais fundamentais para tal ajuste estão divididos em oito categorias: acomodação, sexo, grau de dependência, especialidade, tipo de internação, tempo de internação, idade e risco.

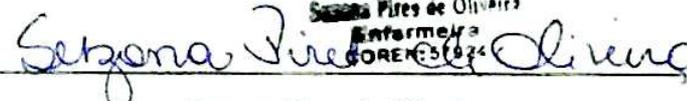
A categoria acomodação representa o tipo de quarto para qual o paciente será transferido - privativo ou semi-privativo. O sexo identifica o gênero do paciente, sendo importante no auxílio da acomodação. O grau de dependência indica se um paciente necessita de algum atendimento especial devido a sua condição física ou psicológica. A categoria especialidade, por sua vez, assinala a área cujo paciente será tratado, enquanto o tipo de internação é fundamental para definir qual o tratamento requerido para o paciente que advêm por meio de uma cirurgia ou doença específica. O item tempo de internação determina o provável tempo que o enfermo ocupará o leito definido. A idade é utilizada para identificar grupos de pacientes, já que os mesmos



podem necessitar de condições especiais. A última categoria nomeada de risco, expõem prováveis perigos que um paciente pode ter ou apresentar no decorrer do tratamento.

A etapa de validação será realizada pela equipe de gerenciamento de leitos, contudo o pesquisador utilizará as oito informações contextuais do paciente testado, salvando previamente na base de dados do protótipo, para que a equipe de gerenciamento apenas insira o código do paciente e receba como resultado um leito. Tais dados serão descartados no final da pesquisa, obtendo como resultado final as respostas advindas de um questionário aplicado a equipe.

Por fim, o mestrando se compromete a preservar a privacidade dos pacientes cujos dados serão coletados em bases de dados do Hospital Mãe de Deus, mantendo as informações em sigilo.

  
Suzana Pires de Oliveira  
Enfermeira  
COREN/RS 1924

Porto Alegre, 17 de março de 2016