



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ELAMARA MARAMA DE ARAUJO VIEIRA

**RISCO OCUPACIONAL RELACIONADO AO CONFORTO
AMBIENTAL EM UTIs**

João Pessoa/PB

2016

ELAMARA MARAMA DE ARAUJO VIEIRA

**RISCO OCUPACIONAL RELACIONADO AO CONFORTO
AMBIENTAL EM UTIs**

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

Área: Gestão da Produção

Linha de pesquisa: Tecnologia, Trabalho e Organizações

João Pessoa/PB

2016

V658r Vieira, Elamara Marama de Araujo

**Risco ocupacional relacionado ao conforto ambiental em UTIs. /
Elamara Marama de Araujo Vieira. – João Pessoa, 2016.**

206f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

**Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia de Produção).
Centro de Tecnologia - CT. Universidade Federal da Paraíba - UFPB.**

**1. Ergonomia ambiental 2. Qualidade ambiental interna 3. Saúde
Ocupacional I. Título.**

BS/CT/UFPB

CDU: 614.8(043)

ELAMARA MARAMA DE ARAUJO VIEIRA

**RISCO OCUPACIONAL RELACIONADO AO CONFORTO
AMBIENTAL EM UTIS**

Aprovada em: ____/ ____/ ____

BANCA EXAMINADORA

Orientador - Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

Examinador Interno– Prof. Dr. Maria de Lourdes Barreto Gomes

Examinador Externo – Prof. Dr. Solange Maria Leder
Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Examinador Externo – Prof. Dr. Ulisses Umbelino dos Anjos
Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Estatística

AGRADECIMENTOS

Foram dois anos de muito estudo e muito foco em um objetivo pré-estabelecido. Muitas pessoas participam deste processo e merecem meu mais sincero OBRIGADA.

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado capacidade para tal feito e por ter colocado todas estas pessoas no meu caminho.

Agradeço a quem em mim depositou confiança para o desenvolvimento deste projeto e que ao longo destes anos tem estimulado e colaborado para o meu engrandecimento profissional e pessoal, ao querido Prof. Bueno.

Agradeço ao meu marido e maior estimulador, Aderbal Nunes, que sempre com muito amor e paciência apoiou meu crescimento profissional.

Agradeço à minha família, especialmente a minha mãe, Felismina Gomes, por ser um exemplo de persistência e perseverança.

Agradeço a todos os meus amigos e parceiros, especialmente, à Wilza Karla, Jonhatan Magno, Manoel Torres, Ana Isabelle, Cláudio Anselmo, Erivaldo, que com companheirismo inigualável tornaram toda esta rotina mais alegre e leve.

Agradeço às pessoas que colaboraram de forma imprescindível para minhas coletas e que voluntariamente ofereceram seu tempo e empenho nesta pesquisa: Juliana Peixoto, Rodrigo Viana, Álvaro Castelo-Branco, Juliana Cândido e Mariana Crispim.

Agradeço aos companheiros de mestrado que juntos dividimos as tensões científicas (risos): Nayara Medeiros; Felipe; Carolina Celani; Denise Muniz; Ana Nery; Thiago Machado.

Agradeço aos professores Francisco Soares Másculos, João Baptista de Abreu, Maria de Lurdes Barreto, Ulisses Umbelino dos Anjos e Solange Maria Leder que compuseram minhas bancas de qualificação e defesa e com suas contribuições me guiaram no sentido da qualidade.

Agradeço a todos os professores e colaboradores do PPGEP que, de forma direta ou indireta, favoreceram a construção deste trabalho.

RESUMO

VIEIRA, E.M.A. **Risco ocupacional relacionado ao conforto ambiental em UTIs**. 2016. 206f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) UFPB, João Pessoa - PB.

Edifícios insalubres no que diz respeito ao aspecto ambiental, pode causar uma série de doenças para os ocupantes, podendo afetar a saúde física e/ou mental. Na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), a atenção, agilidade e a concentração requeridas para a execução da tarefa tornam-se um agravante e, conjuntamente com as condições ambientais desfavoráveis, podem prejudicar a saúde e o bem-estar dos profissionais com o desencadeamento de múltiplos sintomas. Assim, o ambiente físico onde o profissional está incluso torna-se um importante indicador quantitativo da exposição ao risco no sentido de avaliar como o profissional está sendo afetado pelos requisitos de conforto ambiental. Objetivou-se investigar o risco à saúde e bem-estar dos profissionais decorrente da exposição às variáveis ambientais nas Unidades de Terapia Intensiva. Foram selecionadas 9 UTIs da cidade de João Pessoa-PB, onde coletou-se em três dias consecutivos dados referentes às variáveis térmica, acústica, lumínica e qualidade do ar. Simultaneamente, entrevistou-se 128 profissionais, entre médicos, enfermeiros, fisioterapeutas e técnicos de enfermagem, abordando questões acerca da percepção, satisfação e das condições de saúde relacionadas ao ambiente. Fez-se análise descritiva dos dados relativo às variáveis ambientais coletadas em cada UTI e, através de Redes Bayesianas, analisou-se suas influências na saúde e no bem-estar dos profissionais. Foram construídas cinco Redes Bayesianas, sendo uma de caráter global abordando as variáveis experimentais de temperatura, ruído, iluminação e qualidade do ar, a percepção relativa a cada variável, além dos sinais e sintomas dos profissionais captados através dos questionários; e as outras quatro redes focaram cada variável do conforto ambiental abordada. Cada rede foi validada segundo a Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) admitindo-se como satisfatório o valor da área sob a curva $\geq 0,7$. As variáveis que apresentaram maiores impactos sobre a saúde dos profissionais foram as variáveis térmicas, sejam elas experimentais ou perceptivas. A construção da Rede Bayesiana Global (RBG) permitiu verificar que passar de um estado de conforto para o de desconforto térmico, conforme o PMV da ISO 7730/2005, pode incrementar em +8% o risco para o surgimento de sintomas. Segundo a RBG, um profissional sair de um estado de conforto térmico, segundo a percepção dos profissionais, pode incrementar em +11,4% o risco para o surgimento de sintomas físicos, e em +7,6% para o surgimento de sintomas psicológicos. Na rede bayesiana

específica das variáveis térmicas a inclusão de nós relativos ao desejo e sensação térmica puderam consolidar a ideia de que a neutralidade e a aceitação do ambiente térmico são atributos essenciais para a redução de queixas sintomatológicas, podendo incrementar em até +27% a probabilidade da ocorrência de sintomas. Constatou-se que as variáveis ambientais têm impacto sob a saúde e bem-estar dos profissionais intensivistas, podendo favorecer ou inibir a ocorrência de queixas sintomatológica. A percepção posiciona-se como mediadora entre o homem e o ambiente, ou ainda como própria preditora em casos onde mesmo em estados ótimos a percepção negativa pode incidir em sintomas. Admite-se que o tema em questão envolve uma complexidade superior a demanda abordada no momento. A ocorrência de queixas sintomatológicas ocupacionais relacionada ao ambiente, seja elas de caráter físico ou psicológicos, envolve uma diversidade maior de variáveis das abordadas nesta pesquisa, podendo incluir variáveis pessoais, cognitivas e organizacionais, as quais podem ser abordadas em investigações futuras.

Palavras-Chave: Ergonomia ambiental; Qualidade ambiental interna; Saúde Ocupacional.

ABSTRACT

VIEIRA, E.M.A. **Occupation hazard related to environment comfort in ICUs**. 2016. 206f. Postgraduate Program (Production Engineering) Federal University of Paraíba – Technology Center, João Pessoa - PB.

Insalubrious buildings concerning the environmental aspect may cause a range of diseases for the occupants, which may affect the physical and/or mental health. In the Intensive Care Unit (ICU), attention, agility, and concentration required for task execution become an aggravating factor and, jointly with adverse environment conditions, may harm the health and well-being of the professionals, which can start multiple symptoms. Thus, physical environment where the professional is inserted becomes an important quantitative indicator of risk exposure in order to assess how the professional is being affected by environmental comfort requirements. It aims to assess if the environmental variables offer risk to health and well-being of the professionals at Intensive Care Units. Nine ICUs were selected in the city of João Pessoa, where data were collected in three consecutive days regarding the thermal, acoustics, lighting, and air quality variables. Simultaneously, 128 professionals were interviewed, among physicians, nurses, physiotherapists, and nurse technicians, addressing issues related to perception, satisfaction, and health conditions related to the environment. Data descriptive analysis relating to environmental variables collected in each ICU was done through Bayesian networks and it was analyzed their influence on health and well-being of the professionals. Five Bayesian networks were built: one in global nature that approaches the experimental variables: temperature, noise, lighting, and air quality, the relative perception for each variable, beyond signs and symptoms of the professionals raised through the questionnaires; the other four focused each variable of approached environmental comfort. Each network was validated according to ROC (Receiver Operating Characteristic) curve, considering the value under the curve $\geq 0,7$ as satisfactory. The variables that presented greater impacts on professionals' health were the thermal variables, be they experimental or perceptual. Global Bayesian Network (GBN) enabled to verify that to go from a comfort to a discomfort thermal status, according to ISO PMV (Predicted Mean Vote) 7730/2005, might increase in +8% the risk for emergence of symptoms. According to GBN, a professional may leave from a thermal comfort status, according to professionals' perception, it might increase in +11.4% the risk for appearance of physical symptoms, and in +7.6% the appearance of psychological symptoms. In the specific Bayesian network of thermal variables, the inclusion of nodes related to the wish and thermal feeling could consolidate the idea that neutrality and acceptance of thermal environment are essential qualities to minimize

symptomatological complaints, which can increase in up +27% the probability of symptoms occurrence. It was determined that environmental variables have impact on health and well-being of the intensivists professionals, which may favour or inhibit the occurrence of symptomatological complaints. Perception is positioned between man and environment, or still as the own predictive in cases where even great status the negative perception may result in symptoms. It is admissible that the matter in question involves a superior complexity to the approached demand in the moment. The occurrence of occupational symptomatological complaints related to the environment, be they physical or psychological, involves a greater diversity of the approached variables in this research, including personal, cognitive, and organizational variables, which may be addressed in future investigations.

Keywords: Environmental ergonomics; Internal environmental quality; Occupational health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre ambiente construído e consequências à saúde	30
Figura 2 - Ouvido médio e interno	42
Figura 3 - Efeitos auditivos e não auditivos da exposição ao ruído	45
Figura 4 - Modelo adaptativo para conforto térmico.....	52
Figura 5 - Hierarquia da resposta adaptativa	54
Figura 6 - Espectro de onda eletromagnética detectável pelo ser humano.....	58
Figura 7 - Sistema visual humano	61
Figura 8 - Curvas de sensibilidade biológica e visual à iluminação.....	63
Figura 9 - Diâmetro das PM	72
Figura 10 - Diâmetro da partícula em microns (milionésimos de metro)	74
Figura 11 - Principais mecanismos biológicos desencadeados pelas PM a nível cardiovascular	76
Figura 12 - Origem dos riscos ocupacionais	84
Figura 13 - Gráfico acíclico dirigido de uma RB	88
Figura 14 - Fluxograma de identificação do cenário de risco e ordenação dos dados	91
Figura 15 - Fluxograma de estimação os parâmetros do modelo de RB.....	94
Figura 16 - Fluxograma para validação da RB.....	96
Figura 17 - Rede Bayesiana para o risco de sofrer dor nas costas	97
Figura 18 - Fluxograma de pesquisa bibliográfica	98
Figura 19 - Resultados da pesquisa bibliográfica.....	100
Figura 20 - Quantitativo de referencial teórico	100
Figura 21 - Periódicos mais relevantes conforme o quantitativo de artigos selecionados	101
Figura 22 - Quantitativo de artigos por ano de publicação.....	101
Figura 23 - Classificação das variáveis	105
Figura 24 - Modelo de Kano.....	109
Figura 25 - Campo de pesquisa	116
Figura 26 - Sensação de conforto em relação à percepção térmica.....	119
Figura 27 - Barra de erro para estimação das sensações térmicas.....	120
Figura 28 - Barra de erro para estimação da preferência térmica.....	121
Figura 29 - Barra de erro para sensação de conforto	121
Figura 30 - <i>Boxplot</i> da percepção de ruído.....	125
Figura 31 - <i>Boxplot</i> do nível de ruído por UTI.....	126
Figura 32 - <i>Boxplot</i> para nível de iluminação de cada UTI.....	128
Figura 33 - Percepção do nível de iluminação <i>versus</i> dados experimentais	130
Figura 34 - Percepção do nível de iluminação <i>versus</i> satisfação	131
Figura 35 - Percepção de satisfação <i>versus</i> dados objetivos	131
Figura 36 - <i>Boxplots</i> da dispersão de PM _{2,5} por UTI.....	133
Figura 37 - Coeficiente de satisfação (CS) e insatisfação (DC) de cada atributo ambiental..	136
Figura 38 - Ocorrência de sinais e sintomas nos profissionais.....	138
Figura 39 - Ocorrência de sintomas <i>versus</i> gênero	140
Figura 40 - Ocorrência de sintomas por categoria profissional.....	140
Figura 41 - Ocorrência e ausência de sintomas por categoria de satisfação global.....	140

Figura 42 - Representação esquemática do problema	141
Figura 43 - Rede Bayesiana Global	144
Figura 44 - Testes de calibração e validação da RB para sintomas psicológicos e físicos	145
Figura 45 - Curva ROC para Sintomas Psicológicos	146
Figura 46 - Curva ROC para Sintomas Físicos	146
Figura 47 - RB Térmica.....	155
Figura 48 - Rede Bayesiana de iluminação durante análise de sensibilidade	159
Figura 49 - Rede Bayesiana de Ruído	162
Figura 50 - Rede Bayesiana de qualidade do ar	166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Instalação e classificação das UTIs	25
Quadro 2 - Risco ambiental objetivo, perceptivo e observado em UTIs da Grécia.	34
Quadro 3 - Mecanismos de termorregulação.....	54
Quadro 4 - Termos e unidades relativos à avaliação da iluminação	59
Quadro 5 - Poluentes do ar interno comumente investigados e seus efeitos à saúde	71
Quadro 6 - Técnicas de análise e gestão de riscos ocupacionais.....	82
Quadro 7 - Método de aprendizagem propostos para problema de aprendizagem com RB	93
Quadro 8 - Agrupamento de palavras-chave para busca nas bases de dados	99
Quadro 9 - Pesquisa mais relevantes para o referencial teórico	102
Quadro 10 - UTIs investigadas por hospital de João Pessoa	104
Quadro 11 - Nós e estados da Rede Bayesiana Global.....	112
Quadro 12 - Testes de calibração do modelo	113
Quadro 13 - Indicadores de desempenho e ajuste do modelo	114
Quadro 14 - Características das UTIs avaliadas.....	115
Quadro 15 - Resultado de estudo similares	123
Quadro 16 - Agrupamento a partir dos sinais e sintomas.....	142
Quadro 17- Objetivos e onde foram alcançados no texto.....	171

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dispositivos tecnológicos e a frequência em que são encontrados nas UTIs	26
Tabela 2 - Coeficientes de regressão dos itens relacionados à satisfação global do ambiente.	35
Tabela 3 - Limites recomendados de ruídos (em dBA) em hospitais.....	39
Tabela 4 - Fontes e níveis de ruído em UTIs.....	44
Tabela 5 - Frequência de queixas sintomatosas relacionada ao ruído em UTI	47
Tabela 6 - Evolução científica e propostas de atualização para previsão de conforto térmico	50
Tabela 7 - Escala de sensação térmica.....	51
Tabela 8 - Faixa de iluminância que oferece sensação neutra.....	62
Tabela 9 - Índices de qualidade do ar para PM	73
Tabela 10 - Fração inalável e respirável de PM totais em suspensão no ar	74
Tabela 11 - Limiares aceitáveis de componentes químicos no ar	79
Tabela 12 - Estratificação do risco baseado em parâmetros objetivos	85
Tabela 13 - Perfil da amostra.....	116
Tabela 14 - Média e desvios-padrões das variáveis térmicas	117
Tabela 15 - Estatística descritiva das medidas acústicas (dBA).....	123
Tabela 16 - Média de ruído com relativos escores de satisfação.....	125
Tabela 17 - Nível de exposição acústica para cada UTI após retirada dos <i>outliers</i>	127
Tabela 18 - Média, valores máximos e mínimos de iluminância	127
Tabela 19 - Níveis de exposição lumínica de cada UTI após retirada dos <i>outliers</i>	128
Tabela 20 - Percepção dos indivíduos sobre o nível de iluminação das UTIs	129
Tabela 21 - Estatística descritiva da concentração de PM _{2,5} (µg/m ³).....	132
Tabela 22 - Limiar de exposição de PM _{2,5} para cada UTI.....	134
Tabela 23 - Percepção da qualidade do ar versus presença de fatores incômodos.....	134
Tabela 24 - Classificação das exigências de conforto por categoria.	135
Tabela 25 - Coeficientes de satisfação e insatisfação para os requisitos de conforto	135
Tabela 26 - Taxa de ocorrência dos sinais e sintomas.....	139
Tabela 27 - Probabilidades simples não-condicional	142
Tabela 28 - Valores de “ <i>Mutual Information</i> ” para estruturas do GAD	143
Tabela 29 - Sensibilidade e especificidade do modelo em RB.....	144
Tabela 30 - Indicadores de validação do modelo em RB	146
Tabela 31 - Probabilidades condicionais para as variáveis resultado.....	147
Tabela 32 - Análise de sensibilidade da Rede Bayesiana Global.....	148
Tabela 33 - Análise de sensibilidade mútua entre sintomas físicos e psicológicos.....	151
Tabela 34 - Canário de risco em situação de conforto térmico	152
Tabela 35 - Canário de risco em situação de desconforto térmico	153
Tabela 36 - <i>Mutual information</i> para a “RB Térmica”	154
Tabela 37 - Indicadores de ajuste do modelo de conforto térmico.....	154
Tabela 38 - Análise de sensibilidade conjunta – RB Térmica.....	156
Tabela 39 - Preferências térmicas.....	157
Tabela 40 - <i>Mutual information</i> para a “RB Iluminação”	158
Tabela 41 - Indicadores de ajuste do modelo de iluminação.....	159
Tabela 42 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB iluminação”	160

Tabela 43 - <i>Mutual information</i> para a “RB Ruído”	161
Tabela 44 - Indicadores de ajuste do modelo de Ruído.....	161
Tabela 45 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB Ruído”.....	162
Tabela 46 - <i>Mutual information</i> para a “RB Qualidade do ar”	165
Tabela 47 - Indicadores de ajuste do modelo de Qualidade do ar	166
Tabela 48 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB Qualidade do ar”	167

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Ar condicionado
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CO₂	Dióxido de Carbono
GAD	Gráfico Acíclico Dirigido
ISO	International Organization For Standardization
LAeq	Nível Sonoro Contínuo Equivalente
NBR	Norma Brasileira formulada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
NR	Norma Regulamentadora
PM	Partícula de Matéria
PMV	Voto Médio Predito
PPD	Porcentagem Predita de Insatisfeitos
RB	Redes Bayesianas
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	18
1.1 TEMA DE PESQUISA.....	18
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 OBJETIVO GERAL	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4 JUSTIFICATIVA	21
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 A UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA.....	24
2.1.1 BREVE HISTÓRICO	24
2.1.2 CONTEXTO TECNOLÓGICO	26
2.1.3 A UTI NO ÂMBITO DA SAÚDE OCUPACIONAL.....	27
2.2 CONFORTO AMBIENTAL: PANORAMA GERAL E INTERATIVO.....	28
2.2.1 AMBIENTE, CONFORTO E SAÚDE	28
2.2.2 CONFORTO AMBIENTAL NA UTI.....	31
2.2.3 PERCEPÇÃO E PRIORIDADE PERCEPTIVA DE CONFORTO.....	32
2.2.4 DUALIDADE NO PADRÃO DE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE	36
2.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	37
2.3.1 O RUÍDO NA UTI	37
2.3.1.1 <i>O ruído e sua mensuração</i>	<i>38</i>
2.3.1.2 <i>Sistema auditivo e interconexões fisiológicas</i>	<i>41</i>
2.3.1.3 <i>Campo de investigação e lacunas metodológicas</i>	<i>43</i>
2.3.1.4 <i>Repercussões físicas e psicológicas do ruído</i>	<i>45</i>
2.3.2 CONFORTO TÉRMICO NA UTI	48
2.3.2.1 <i>Abordagens teóricas e perspectiva atual</i>	<i>48</i>
2.3.2.1.1 <i>Balanço Térmico de Fanger.....</i>	<i>50</i>
2.3.2.1.2 <i>Abordagem Adaptativa.....</i>	<i>51</i>
2.3.2.2 <i>Termorregulação e adaptações fisiológicas.....</i>	<i>53</i>
2.3.2.3 <i>Fatores coadjuvantes para sensação térmica</i>	<i>55</i>

2.3.2.4 Implicações do conforto térmico sobre a saúde e bem-estar	56
2.3.3 A ILUMINAÇÃO NA UTI	57
2.3.3.1 Luz e iluminação	58
2.3.3.2 O sistema visual na percepção do ambiente luminoso	60
2.3.3.2.1 Propriedades Do Olho Humano	64
2.3.3.3 Iluminação natural versus iluminação artificial	65
2.3.3.4 Repercussões físicas e psicológicas da iluminação.....	66
2.3.4 A QUALIDADE DO AR NA UTI	67
2.3.4.1 Trajetória e contexto atual	68
2.3.4.2 Meios de interação entre atmosfera e organismo	70
2.3.4.3 Os compostos aéreos e seus efeitos sobre a saúde	71
2.3.4.3.1 Material Particulado Suspenso	72
2.3.4.3.2 Poluentes Químicos Aéreos.....	78
2.3.4.3.3 Material Biológico	79
2.4 RISCOS OCUPACIONAIS - CONCEITOS.....	81
2.4.1 ANÁLISE DE RISCOS OCUPACIONAIS	82
2.4.2 O RISCO OCUPACIONAL COMO FATOR PROBABILÍSTICO	83
2.4.3 OS RISCOS DE CARÁTER AMBIENTAL NA UTI	84
2.5 REDES BAYESIANAS PARA ANÁLISE DE RISCOS OCUPACIONAIS	86
2.5.1 FUNDAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DAS RBS	87
2.5.2 CONSTRUÇÃO DAS RBs	89
2.5.2.1 Identificando o cenário de risco.....	89
2.5.2.2 Estimação dos parâmetros da RB	91
2.5.2.3 Validação da RB.....	95
2.5.3 DEMONSTRAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DA RB	96
2.6 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	97
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS	97
3.1 NATUREZA DA PESQUISA.....	98
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	98
3.2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: CRITÉRIOS DE BUSCA	98
3.2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: RESULTADOS DA BUSCA	100
3.2.2 CAMPO DE PESQUISA E AMOSTRA.....	103
3.2.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS	104
3.3 ASPECTOS ÉTICOS.....	105

3.4 COLETA DE DADOS.....	105
3.4.1 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS	105
3.4.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS ACÚSTICAS	106
3.4.3 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS LUMÍNICAS	107
3.4.4 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DO AR	107
3.4.5 MENSURAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO PROFISSIONAL	108
3.4.6 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SAÚDE E BEM-ESTAR DOS PROFISSIONAIS	110
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	110
3.5.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS	110
3.5.2 CONSTRUÇÃO DOS MODELOS PROBABILÍSTICOS	111
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	114
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA	115
4.2 PERFIL DA AMOSTRA.....	116
4.3 ANÁLISE DE SITUAÇÃO DE TRABALHO NAS UTIs.....	117
4.3.1 CONFORTO TÉRMICO NAS UTIs	117
4.3.2 O RUÍDO NAS UTIs	123
4.3.3 A ILUMINAÇÃO NAS UTIs.....	127
4.3.4 A QUALIDADE DO AR NAS UTIs.....	132
4.3.5 PRIORIDADE PERCEPTIVA E CRITÉRIOS DE SATISFAÇÃO	134
4.3.6 SAÚDE E BEM-ESTAR DOS PROFISSIONAIS	137
4.4 RISCO RELACIONADO AO CONFORTO AMBIENTAL NA UTI.....	141
4.4.1 O PROBLEMA: IDENTIFICAÇÃO DO CENÁRIO DE RISCO	141
4.4.2 RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS PREDITORAS DE CONFORTO AMBIENTAL	142
4.4.2.1 Construção da estrutura da RB: Calibração	142
4.4.2.2 Validação da rede	145
4.4.2.3 Análises de sensibilidade da RB.....	147
4.4.3 CENÁRIOS DE RISCO	151
4.4.4 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS TÉRMICAS.....	153
4.4.5 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS DE ILUMINAÇÃO	158
4.4.6 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS ACÚSTICAS.....	160

4.4.7 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DO AR	163
4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	169
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	169
REFERÊNCIAS	172
APÊNDICE 01 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	193
APÊNDICE 02 - QUESTIONÁRIO DE CONDIÇÕES DE SAÚDE E BEM-ESTAR	195
APÊNDICE 03 - DIÁRIO DE CAMPO	197
ANEXO 01 - RESISTÊNCIA DAS VESTIMENTAS E TAXAS METABÓLICAS	199
ANEXO 02 - QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DO AR.....	200
ANEXO 03 - QUESTIONÁRIO KANO	201
ANEXO 04 – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO.....	203
ANEXO 05 - QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO AMBIENTE LUMINOSO	204
ANEXO 06 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS.....	205

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o conteúdo da pesquisa abordando aspectos relativos à definição e delimitação do tema, problema da pesquisa, assim como a justificativa e objetivos, e também um panorama global dos capítulos subsequentes.

1.1 TEMA DE PESQUISA

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004) define os riscos ocupacionais como sendo agentes inclusos na dinâmica do trabalho que possam causar danos aos profissionais. A materialização do dano, mediada pela ação dos fatores de risco, pode, no entanto, ocorrer por meio de doenças ou acidentes. No primeiro caso a ação é crônica e imperceptível por curto prazo, pois os efeitos se dão a nível microscópico sobre os tecidos corporais e resultam em doenças ocupacionais ou agravos à saúde do profissional. O acidente é o efeito observável e ocorre por meio de lesão imediata. Desta forma, as doenças ocupacionais e acidentes ocupacionais são distintos em forma de apresentação e nível de gravidade (MENDES, 2013).

A exposição aos fatores de risco, sejam eles introduzidos ou pertencentes ao processo de trabalho, proporcionam uma condição insegura e podem ou não resultar em acidente de trabalho. Contudo, o acidente de trabalho é a consequência tangível, porém, menos frequente das disfunções do ambiente de trabalho, tendo que preliminarmente à ocorrência dos acidentes, a forma inadequada de executar a atividade resulta em perturbação funcional corporal (RODRIGUES, 2011).

Entendendo isto, e compreendendo que: (1) No setor hospitalar os riscos a que os profissionais estão expostos podem partir de fontes diversas, desde a manipulação de objetos perfurocortante até a execução de demandas de trabalho propensas a gerarem desordens musculoesqueléticas e psicossociais (TZIAFERI *et al.*, 2013); e que (2) segundo Kalfon (2010) existem três fontes de desconforto na Unidade de terapia Intensiva (UTI), que estão relacionadas ao tratamento, ao ambiente e às questões organizacionais, esta pesquisa foca sobre os efeitos nocivos do ambiente de trabalho que induzem às perturbações funcionais corporais pela exposição à determinados fatores de risco.

Para tanto, os fatores de risco considerados são classificados como de caráter físico (térmico, acústico e lumínico) e químico (qualidade do ar), definidos pela norma regulamentadora nº 9 (BRASIL, 1994) sucessivamente como:

“(...) as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores (...)”

“(...) as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, (...) ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão”.

O maior interesse não reside nos fenômenos relativos aos fatores de risco físico ou químico em si, mas sim no risco como produto das interações entre as relativas formas de energia e o profissional, que resultam em perdas e danos pessoais. Portanto, pretende-se estudar o risco sob saúde e bem-estar dos profissionais, resultante da exposição às variáveis termofísicas ambientais em UTIs.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é um ambiente hospitalar voltado para o controle, manutenção e recuperação das funções vitais, onde são internados pacientes com comprometimentos morfofuncionais importantes e potencialmente letais, necessitando de intenso investimento humano, material e tecnológico, com alto grau de especialização (TAKALA, 2014; MERILÄINEN *et al.*, 2013; CANNON *et al.*, 2012).

O objetivo desses serviços de saúde é fornecer condições favoráveis ao processo de cura dos pacientes, contudo, tanto a realização do trabalho como os resultados pretendidos podem ser afetados por características termofísicas ambientais do local, as quais, segundo Huang *et al.* (2012), incluem requisitos de iluminação, ruído e níveis térmicos adequados, sendo que a interação entre estes fatores não deve ser negligenciada (MERILÄINEN *et al.*, 2013; CODINHOTO *et al.*, 2009).

No Brasil, desde a década de 70, são desenvolvidas pesquisas científicas nesta área (GOMES, 1974), levando aos indícios que ligam as características do ambiente construído à saúde e bem-estar do profissional e à eficiência nos processos de recuperação do paciente em ambiente hospitalar (CODINHOTO *et al.*, 2009) apesar da falta de clareza quanto aos pormenores que permeiam esta relação de causa-efeito.

Todos os estímulos provindos do ambiente repercutem de diversas formas sobre o corpo e mente do indivíduo, assim, edifícios insalubres, no que diz respeito ao aspecto ambiental, podem causar uma série de doenças para os ocupantes, afetando a saúde física e/ou

mental (SADEK; NOFAL, 2013), ou ainda, aspectos comportamentais e sociais (OKAMOTO, 2014).

A influência do ambiente construído sobre o ser humano engloba aspectos de qualidade de vida e saúde de uma forma geral (CODINHOTO *et al.*, 2009), tendo efeitos, inclusive, sobre processos cognitivos (SHIN *et al.*, 2014), e se tratando do tipo de trabalho que é executado na UTI - que exige atenção, agilidade e concentração - condições ambientais desfavoráveis, além de prejudicar a saúde e bem-estar dos profissionais com o desencadeamento de múltiplos sintomas - a exemplo de cefaleia, irritabilidade e fadiga - que, vale ressaltar, são fatores atenuantes para ocorrência de acidentes de trabalho, podem também levar ao retardamento da recuperação dos pacientes, tendo em vista que estimulam o aumento do número de erros médicos (LANDRIGAN, 2011; AVERSARI, 2010).

Assim, para realizar as tarefas de forma eficiente e segura é necessário alcançar o equilíbrio entre o ambiente laboral e os requisitos psicofisiológicos de conforto, os quais perpassam por questões de percepção e satisfação com o ambiente (FEKRY *et al.*, 2014).

Desse modo, o ambiente físico onde o profissional está incluso torna-se um importante indicador quantitativo da exposição ao risco no sentido de avaliar como o profissional está sendo afetado pelos atributos ambientais. Através de uma estratificação de risco e controle apropriado do ambiente de trabalho é possível prevenir agravos relacionados à exposição (TZIAFERI *et al.*, 2011; PORTO, 2000). Para tanto, é necessário entender o ambiente não como um “quebra cabeça” de várias partes, mas sim como um sistema interativo que está em constantes transformações e adaptações (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011).

Portanto, a problemática abordada coloca-se no nível da saúde ocupacional formalizada na seguinte questão: As variáveis ambientais oferecem risco à saúde e bem-estar dos profissionais nas Unidades de Terapia Intensiva? Deste modo, pretende-se promover uma discussão da temática a partir dos dados coletados e confrontá-los com estudos desenvolvidos à nível nacional e internacional.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o risco à saúde e bem-estar dos profissionais decorrente da exposição às variáveis ambientais nas Unidades de Terapia Intensiva.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as UTIs sob o aspecto da qualidade ambiental interna, levando em consideração as variáveis de temperatura, ruído, iluminação e qualidade do ar;
- Comparar a percepção do conforto térmico de profissionais em UTI com modelo teórico da norma ISO 7730/2005;
- Identificar o peso de cada variável ambiental na percepção de conforto dos profissionais em UTIs à luz do modelo Kano;
- Estruturar Redes Bayesianas para avaliar o risco à saúde dos profissionais resultante da exposição as variáveis ambientais.

1.4 JUSTIFICATIVA

As UTIs nasceram da evolução da complexidade das doenças humanas e, ao longo dos anos, vêm sofrendo profundas transformações, em termos tecnológicos, de estrutura física e organizacional. Os cuidados intensivos que hoje são praticados nas UTIs em muito diferem daqueles que marcaram o seu surgimento. O avanço científico da medicina, o envelhecimento da população e o surgimento de microrganismos multirresistentes levaram à necessidade de agregar um maior número de profissionais, desenvolver múltiplos equipamentos mais precisos e eficazes de monitorização e suporte à vida do paciente e fármacos especializados com alto grau de aperfeiçoamento (KELLY *et al.*, 2014; PURI *et al.*, 2009; ROSENGART, 2006).

Assim, “a medicina intensiva é um dos campos em que estão havendo os maiores avanços, tanto em termos de pesquisa como em tratamento” (VINCENT *et al.*, 1997) refletindo sua importância social, visto que este setor produtivo representa, por exemplo, cerca de 0,66% do Produto Interno Bruto (PIB) dos Estados Unidos, com gastos de mais de 81 bilhões de dólares por ano (PASTORES *et al.*, 2012; HALPERN; PASTORES, 2010). Prever-se que nos próximos 10 anos hajam maiores investimentos com a consequente implantação de mudanças em termos tecnológicos e procedimentais, inclusive com a inserção de gerenciamento computadorizado de dados (KELLY *et al.*, 2014).

Observa-se assim que a UTI pode se tornar um ambiente estressante, com estímulo provindo de várias fontes, como as perturbações advindas do uso de equipamentos biomédicos (JOHANSSON *et al.*, 2012; SAMUELSON, 2011), considerados por Alameddine *et al.* (2009) como “fontes estressoras inevitáveis”, o que torna a saúde dos profissionais deste setor mais comprometida em comparação aos profissionais de outros setores (CHIOU *et al.*, 2013). Além disto, a UTI deve ofertar as condições necessárias para o suporte e restabelecimento dos

sistemas orgânicos (CANNON *et al.*, 2012), o que requer mais da capacidade do profissional que atua neste setor. Logo, a atenção quanto à qualidade ambiental em prédios hospitalares deve ser maior em comparação a outros tipos de prédios em decorrência do tipo de trabalho que é executado neste setor (STEPHEN; KANDAR, 2015).

Assim, entende-se que o meio onde o profissional está incluso implica em um importante indicador quantitativo da exposição ao risco e de como o profissional é afetado pelo ambiente (CANNON *et al.*, 2012; PORTO, 2000). Contudo, os efeitos decorrentes da exposição são frequentemente considerados separadamente para cada variável ambiental, como por exemplo, Dianat *et al.* (2013) verificaram os efeitos da iluminação na satisfação performance, saúde e segurança do profissional; Azizpour *et al.* (2013) avaliaram o conforto térmico em hospitais localizados em climas tropicais; Memoli *et al.* (2014) estudaram o nível de ruído em UTIs; Gaidajis e Angelakoglou (2014) investigaram a concentração de partículas de matéria suspensas em hospitais Gregos. Tais abordagens isoladas dificultam uma quantificação exata das reais magnitudes e da integração dos efeitos.

Investigações no sentido de avaliar as consequências do conjunto de variáveis ambientais sobre a saúde dos profissionais foi implantada por De Giuli (2013), que avalia o conforto ambiental em UTI baseando-se no ruído, iluminação e temperatura, contudo, não inclui as variáveis de qualidade do ar; Imam *et al.* (2013), que identificaram os riscos para a saúde dos profissionais a partir nos níveis de ruído, temperatura, umidade e iluminação; e Tziaferi *et al.* (2013), que avaliaram os atributos ambientais em UTI relacionando-os ao risco ocupacional; porém, o que se tem observado é que estas pesquisas centram-se na identificação da exposição ao risco a partir de uma categorização qualitativa em nível (alto, médio e baixo risco).

Com base nesta constatação e observando que as variáveis ambientais têm-se mostrado preditoras do estado de saúde das populações expostas - podendo citar estudos de Tomei *et al.* (2010), onde a exposição ao ruído por longo prazo resultou em altas pressões arteriais e frequências cardíacas, e duas vezes mais chance de prevalência de anormalidades ecocardiográficas; de Tziaferi *et al.* (2011), onde a iluminação inadequada resultou em fadiga visual, cefaleia, distúrbios do sono e irritação; e de Tanabe *et al.* (2015), onde a sensação térmica pôde influenciar na execução da tarefa, taxa de erros e processos cognitivos - surge a proposta desta pesquisa.

Portanto, a saúde e bem-estar dos indivíduos podem ser afetados pelas várias características do ambiente construído (HUANG *et al.*, 2012; CODINHOTO *et al.*, 2009), fazendo-se necessário investigar como o conjunto das variáveis ambientais na UTI podem expor

o profissional ao risco, à medida que investigações posteriores não contemplaram este problema sob tal perspectiva.

Propõe-se contribuir para a divulgação das características de exposição aos tais riscos entre os profissionais expostos e também à comunidade científica, para que novos estudos na linha de pesquisa vigente possam indicar medidas mitigatórias mais eficientes para reduzir os impactos das variáveis ambientais na saúde dos profissionais.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O estudo será ordenado em cinco (5) capítulos, a saber:

- Capítulo 01 - Introdução: Capítulo dedicado às considerações gerais sobre a temática abordada, assim como a justificativa e propósito do estudo a nível teórico e prático;
- Capítulo 2 - Referencial teórico: Onde é realizado um levantamento sobre a literatura relevante e atualizada para o conhecimento e aprofundamento do estado da arte do tema pesquisado, abordando as considerações acerca da estrutura e organização das UTIs; conforto ambiental considerando as variáveis: ruído, temperatura, iluminação e qualidade do ar; risco ocupacional; e uma contextualização teórica sobre as Redes Bayesianas que são as ferramentas a serem usadas para a quantificação do risco.
- Capítulo 3 - Materiais e métodos: Capítulo destinado à descrição da caracterização da pesquisa, procedimentos, aparelhagem e normas usadas para coleta de dados relativos ao ruído, temperatura, iluminação e qualidade do ar, assim como as ferramentas para coleta de dados relativos às condições de saúde e bem-estar dos profissionais. São descritos também os procedimentos adotados para estratificação dos riscos ocupacionais a partir da ferramenta Redes Bayesianas e a análise estatística dos dados.
- Capítulo 4 - Resultados e discussão: Neste capítulo os resultados encontrados serão divulgados, analisados e discutidos à luz da literatura nacional e internacional.
- Capítulo 5 - Conclusões: Onde os dados serão sumarizados e as considerações gerais sobre a temática expostas, a fim de chegar às constatações sobre o objeto de estudo. São comentadas também as limitações do estudo e indicação para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será realizado levantamento da literatura relevante e atualizada para o conhecimento e aprofundamento do estado da arte do tema pesquisado, onde serão abordadas as considerações acerca da estrutura e organização das UTIs; conforto ambiental considerando as variáveis: ruído, temperatura, iluminação e qualidade do ar; risco ocupacional; e uma contextualização teórica sobre as Redes Bayesianas que são as ferramentas a serem usadas para a quantificação do risco.

2.1 A UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA

2.1.1 BREVE HISTÓRICO

O surgimento da instituição hospitalar com as características atuais data do início do século XVIII, impulsionado pela revolução industrial. Contudo, apenas após a I Guerra Mundial (1914 - 1918) observou-se avanços científicos significativos nos métodos de diagnóstico, em decorrência da admissão de pacientes com acometimentos cada vez mais complexos e a iminente necessidade de uma logística assistencial integrada (GRENVIK; PINSKY, 2009; ROSENGART, 2006).

A primeira Unidade de Tratamento Intensivo foi estabelecida durante a Guerra da Criméia, entre 1854 e 1856, sob iniciativa da enfermeira de campanha Florence Nightingale, quando selecionou e acomodou os soldados mais feridos nas proximidades do posto de enfermagem para mantê-los sob vigilância contínua e possibilitar assistência mais rápida em caso de intercorrências, tendo como desfecho a redução da taxa de mortalidade. Note-se que, a terapia intensiva evoluiu a partir da prática de cuidados intensivos no contexto de um ambiente físico com o objetivo de gerir falhas orgânicas potencialmente letais, contudo, ainda sem um monitoramento abrangente ou dispositivos de suporte à vida (WEIL; TANG, 2011; GRENVIK; PINSKY, 2009).

A partir disso, de forma discreta, e especialmente após a II Guerra Mundial, a concepção de tratamento intensivo foi se expandido por todo o mundo até que, em meados da década de 50, criou força e se fixou como setor de tratamento fundamental em hospitais. Esse processo foi mediado pela necessidade de assistência ventilatória decorrente da paralisia muscular provocada pela epidemia mundial de poliomielite na referida década (TAKALA, 2014; PURI *et al.*, 2009; MORAES, 2005).

Os avanços científicos obtidos durante os esforços para o tratamento da epidemia mundial de poliomielite, como a prática de ventilação mecânica e traqueostomia, os quais eram até então restritos às unidades de recuperação pós-anestésica, foram estendidos também aos pacientes com distúrbios respiratórios, acrescentando à dinâmica do trabalho dispositivos de monitorização e tratamento, os quais se tornaram cada vez mais sofisticados e complexos (RISTAGNO; WEIL, 2009; VINCENT *et al.*, 1997).

Inicialmente as equipes assistenciais das UTIs eram compostas basicamente por médicos e enfermeiros, entretanto, com o avanço tecnológico e o progresso das pesquisas na área da saúde constatou-se a necessidade da presença de outros profissionais, a exemplo de nutricionistas, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, psicólogos e assistentes sociais (PRESTO; DAMÁZIO, 2009).

Assim, aos poucos as Unidades de Terapia Intensiva (UTI) foram ganhando espaços específicos dentro dos centros de saúde, se especializaram em cuidados a determinados grupos, monitoramento automatizado e incorporaram equipes cada vez mais variadas de profissionais especializados (STUCKE; MENZEL, 2007).

Hoje, tem-se uma estrutura física e organizacional complexa, contando atualmente com 2.342 unidades cadastradas na Associação Brasileira de Terapia Intensiva (AMIB, 2010), destinadas aos mais diversos grupos de indivíduos e comorbidades, e reguladas por normas técnicas e operacionais (QUADRO 1).

Quadro 1 - Instalação e classificação das UTIs

NORMA	ESPECIFICAÇÃO
Portaria 466/98	É obrigatória a existência de UTI em todo hospital secundário* ou terciário** com capacidade igual ou superior a 100 leitos. O número de leitos de UTI em cada hospital deve corresponder à entre 6% e 10% do total de leitos existentes.
Portaria 3432/98	Classifica a UTI por tipo de atendimento e estrutura: Neonatal- atendem pacientes de 0 a 28 dias; Pediátrico – atendem pacientes de 28 dias a 14 ou 18 anos de acordo com as rotinas hospitalares internas; Adulto – atendem pacientes maiores de 14 ou 18 anos de acordo com as rotinas hospitalares internas; Especializada- voltadas para pacientes atendidos por determinada especialidade ou pertencentes a um grupo específico de doenças. Classifica a UTI segundo o espaço físico, tecnologia e recursos humanos em tipos I, II e III.

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

*Hospital geral ou especializado, destinado a prestar assistência nas especialidades médicas básicas.

** Hospital especializado ou com especialidades, destinado a prestar assistência em outras especialidades médicas além das básicas.

Espera-se que durante a próxima década, a demanda por serviços de UTI possa crescer rapidamente devido ao aumento da acuidade dos pacientes hospitalizados e do crescente envelhecimento da população (STUCKE; MENZEL, 2007), e consequentemente maiores

avanços na assistência prestada com a inserção inclusive de telemonitorização e processamento computadorizado de dados (CANNON *et al.*, 2012).

2.1.2 CONTEXTO TECNOLÓGICO

“Nossos computadores podem ser um milhão de vezes mais potentes, mas nós não somos um milhão de vezes mais inteligentes, (...) ou vivemos um milhão de vezes mais.”

Wowk (2013), pp.323

O intensivismo é uma especialidade recente na história da medicina e ela tem sido influenciada fortemente pelos avanços no âmbito tecnológico (PURI *et al.*, 2009), assim, a UTI é hoje, tanto em termos de tratamento como em design, o resultado da combinação da medicina moderna e do desenvolvimento tecnológico (YOSHIYA; BAIK, 1997).

A inserção de tecnologias médicas no mercado é condicionada não apenas pelo avanço do conhecimento da medicina, mas também pelas restrições impostas por uma sociedade, tendo em vista que se tem baixa tolerância para resultados adversos e a regulamentação é rigorosa, o que torna a tecnologia na área médica um campo mais restrito em comparação a outras áreas (WOWK, 2013).

As intervenções médicas na UTI são mais numerosas e invasivas do que em outros setores, sua estrutura tecnológica deve prover a necessidade de suportar temporariamente as funções vitais orgânicas (KELLY *et al.*, 2014) e antecipar possíveis deteriorações clínicas (SESSLER, 2014), levando à necessidade de tomada de decisão em tempo real, necessidades estas que motivaram a introdução gradual de dispositivos de monitoramento (POALILLO *et al.*, 2006). Alguns dos dispositivos e a frequência em que são encontrados nas UTIs são expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Dispositivos tecnológicos e a frequência em que são encontrados nas UTIs

Dispositivos de monitoramento	%
Medidos de pressão intravascular	92,6
Holter	8,7
Oxímetros de pulso	91,7
Monitor transcutâneo de PO ₂	46,7
Dispositivos diagnósticos	%
Eletroencefalograma	34,1
Raio X portátil	65,5
Eletrocardiograma	91,3
Angiocardiografo	6,1
Tomografia	4,4
Ressonância magnética	1,7
Dispositivos terapêuticos	%

Continuação	
Ventilador mecânico	95,2
Desfibrilador	94,3
Marcapasso cardíaco	78,1
Bombas de infusão	93,4
Balão intraaórtico	60
Máquina de hemodiálise	54,6
Máquina de hemoperfusão	43,7
Plasmaferese	43,7
Máquina anestésica	29,7
Cama de decúbito	49,3

Fonte: Yoshiya e Baik (1997) (Adaptado)

Portanto, a estrutura lógica de uma “UTI inteligente” inclui um layout adaptado com dispositivos eletrônicos integrados para contribuir nos resultados clínicos (SESSLER, 2014). A introdução crescente de tecnologias tem impacto no diagnóstico e tratamento dos pacientes, mas também na logística da assistência prestada, impactando inclusive sobre fatores organizacionais à medida que reduz a relação enfermeiro-paciente, tendo como resultados repercussão na saúde dos profissionais e pacientes (POALILLO *et al.*, 2006).

Além disto, a inclusão tecnológica tem possibilitado redução nas discrepâncias existentes entre o serviço privado e público, tornando a assistência intensiva no Brasil mais homogênea (CARVALHO *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2005). Contudo, salienta-se que a oferta mais abrangente do serviço e os elevados custos econômicos das UTIs não garantem que sejam necessariamente otimizadas para executar suas funções. Uma logística inadequada pode ter repercussões na saúde pública e causar danos diretos ou indiretos a um grupo representativo da população (ANGUS, 2005).

2.1.3 A UTI NO ÂMBITO DA SAÚDE OCUPACIONAL

Do ponto de vista ocupacional e até mesmo assistencial, a UTI é considerada um ambiente insalubre, o que pode decorrer da incorporação constante de novas tecnologias, processos de trabalho, escasso treinamento do profissional quanto às medidas de prevenção e precaução, ampliando a vulnerabilidade e tornando-se um agravante na geração de distúrbios ocupacionais (ROCHA, 2010; MIRANDA; STANCATO, 2008; STUCKE; MENZEL, 2007).

As variáveis ambientais são fatores presente nas UTIs que podem influenciar diretamente a saúde, o bem-estar e consequentemente a capacidade laboral do trabalhador. Assim, as peculiaridades referentes à estrutura física e ambiental da UTI podem tornar as condições de trabalho neste setor inadequadas. Lima Junior *et al.* (2009) em estudo realizado na cidade de Natal/RN sobre as condições de trabalho em hospitais, seus resultados mostraram que os aspectos que apresentaram pior pontuação relatada pelo profissional foram o conforto

ambiental e segurança do trabalhador. Chiou *et al.*(2013) identificou que os profissionais da UTI tiveram uma chance 40% maior de ter distúrbios do sono em comparação a outros setores.

A literatura especializada atesta que a conformação convencional dos hospitais favorece o desconforto e danos aos profissionais. Melhorias no ambiente físico podem ser importantes ferramentas para tornar o hospital mais seguro, tanto do posto de vista trabalhista, quanto medicinal, tendo em vista que têm-se múltiplas tarefas executada simultaneamente, das quais exige-se destreza e perícia, e consequentemente, contínuo processamento cognitivo, e onde a falha não é admissível (ULRICH *et al.*, 2004).

O ambiente de cuidado hospitalar forma um complexo sistema interativo onde avaliar o impacto de um fator isolado é difícil (ULRICH *et al.*, 2004), portanto, vale salientar que outros fatores, além das condições ambientais, também podem trazer riscos à esta classe de profissionais, dentre as quais: excesso de demandas de trabalho, carga horária excessiva, ritmo intenso e irregular de trabalho, exposição a microrganismos e manipulação de substâncias químicas nocivas (BAKKE; ARAUJO, 2013; MÁSCULO; OLIVEIRA, 2013).

2.2 CONFORTO AMBIENTAL: PANORAMA GERAL E INTERATIVO

Em países desenvolvidos, as pessoas gastam mais de 90% do seu tempo no desenvolvimento de tarefas em ambientes fechados, e por isso numerosas pesquisas buscam cada vez mais estudar as condições de conforto ambiental em que a execução das atividades ocorra de maneira confortável com maximização do desempenho (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011; YONGSON *et al.*, 2007).

O conforto ambiental pode ser definido como o ajustamento do indivíduo ao ambiente resultando em uma condição de satisfação percebida (ASHRAE, 2004), ou seja, é uma condição subjetiva decorrente da adaptação comportamental às expectativas pessoais. Fekry *et al.* (2014) acrescentam que se alcança o conforto quando encontramos o equilíbrio entre os requisitos corporais e ambientais. Embora esta definição implique que há uma dimensão psicológica de conforto, uma série de propriedades físicas do meio é utilizada para avaliar o conforto ambiental de forma objetiva (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011), o que será comentado ao decorrer dos capítulos subsequentes.

2.2.1 AMBIENTE, CONFORTO E SAÚDE

As consequências do ambiente construído sobre os seres humanos podem ser de natureza biológica, funcional, perceptiva, comportamental e ainda sob a qualidade de vida. O

corpo humano quando recebe estímulos do ambiente desencadeia respostas que naturalmente são externalizadas de maneira autônômica, via sistema nervoso parassimpático, gerando reações involuntárias (CHOI; ZHU, 2014).

A temperatura do ar, umidade relativa, taxa de ventilação, iluminação e ruído são requisitos de conforto ambiental que influenciam o bem-estar e performance dos usuários, com impactos diretos na frequência de sintomas de saúde (DASCALAKI *et al.*, 2009).

Isso pode ser identificado quando, por exemplo, observa-se na literatura a ocorrência de distúrbios no ciclo circadiano e delírio em UTIs relacionados à associação entre o excesso de iluminação e de ruído (ESCUADERO *et al.* 2014; KUDCHADKAR *et al.* 2014), desordens musculoesqueléticas em membros superiores e região lombar relacionados à temperatura, ruído e iluminação (MAGNAVITA *et al.*, 2011). Os profissionais que foram submetidos a níveis de desconforto térmico, acústico e lumínico tiveram um incremento de 10 a 58% na chance de desenvolver distúrbios musculoesqueléticos.

Os requisitos de conforto ambiental podem estar relacionados com a taxa de acidentes, erros e infecção hospitalar (HUISMAN *et al.*, 2012), além de originar sintomas como fadiga, dor de cabeça, secura em pele, olhos e garganta. O alto número de queixas sintomáticas foram claramente associadas com a baixa satisfação com o ambiente térmico e com desconforto luminoso gerado pela reflexão e brilho (DASCALAKI *et al.*, 2009).

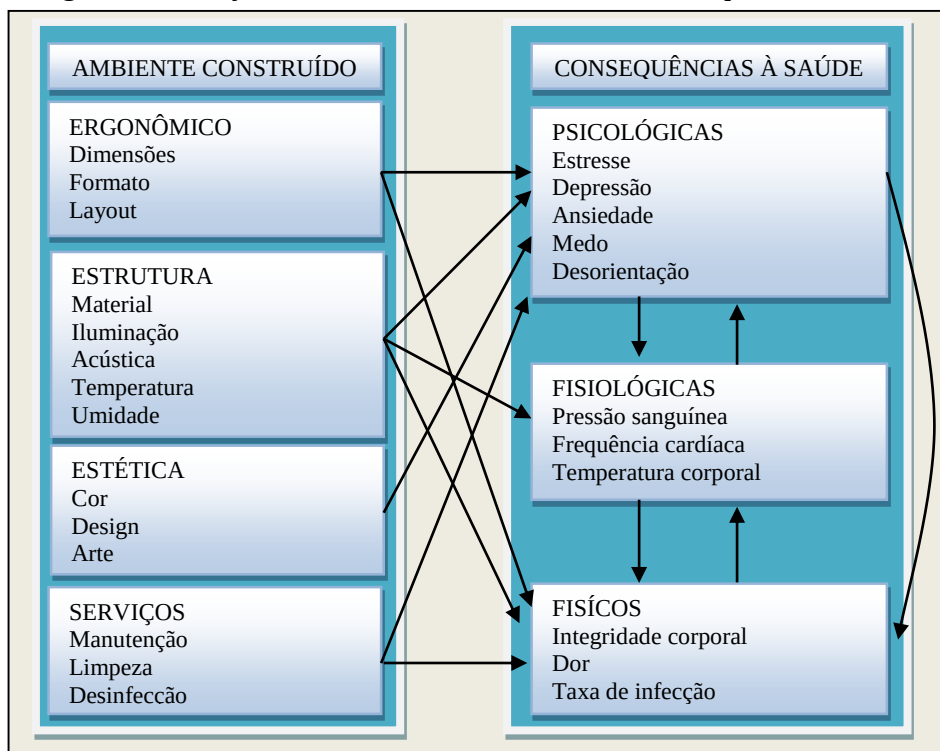
Lilian *et al.* (2014) investigaram as evidências existentes na literatura sobre a associação entre qualidade do ar e ruído com a função cognitiva e psicológica em adultos. Identificou-se que há dados suficientes na literatura para acreditar que existe associação entre as variáveis ambientais e a saúde mental de adultos, tendo em vista que as referidas variáveis investigadas foram associadas com as funções neurocognitivas, de aprendizagem, memória e humor.

Codinhoto *et al.* (2009) elucidaram a inter-relação entre as variáveis de conforto ambiental e os possíveis danos à saúde, os quais podem ser evidenciados na Figura 1. Vale ressaltar que a não existência de ligações (setas) entre os blocos na Figura 1 não invalida que haja relação causísticas entre as variáveis. Em outras palavras, a saúde e bem-estar dos indivíduos pode ser afetada por várias características do ambiente construído, e a interação entre elas vai determinar os efeitos desta exposição.

Em corroboração, Huang *et al.* (2012) ratificam que os fatores ambientais estão inter-relacionados, pois o estado de conforto ambiental é uma sensação que envolve o ambiente como um todo. Assim, os requisitos de conforto ambiental não podem ser analisados estaticamente, pois representam um sistema dinâmico e complexo (FEKRY *et al.*, 2014). A exemplo,

Khodakarami e Nasrollahi (2012) relatam problemas de qualidade do ar surgidos a partir de alterações nas variáveis térmicas. Altas temperaturas poderiam promover o aumento da liberação de gases emitidos do material de revestimento e acabamento.

Figura 1 - Relação entre ambiente construído e consequências à saúde



Fonte: Codinhoto *et al.* (2009) (Adaptado)

A temperatura do ambiente associado à umidade e taxa de ventilação podem estimular ou inibir o crescimento bacteriano, potencializar a emissão ou impacto dos poluentes aéreos na saúde. Assim, o controle destes fatores perpassam não apenas por questões de conforto, mas torna-se também um problema de saúde pública (MENDES *et al.*, 2015; KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012). Em instalações de saúde, a umidade torna-se um indicativo da higiene do espaço e os sistemas de ventilação devem ajudar a prevenir a propagação de doenças (YAU *et al.*, 2011), assim, são duas variáveis indispensáveis no estudo da qualidade ambiental.

Portanto, entende-se que o ambiente da UTI, em termos termofísicos e atmosféricos, podem prover riscos, com efeitos sobre o bem-estar físico e mental dos profissionais (ALAMEDDINE *et al.*, 2009). O'Connell e Humphreys (2000) afirmam que apenas o fato de estar na UTI acrescenta aos pacientes 20 a 28% a mais de chance de adquirir uma infecção.

Ademais, a performance ambiental de um espaço não depende apenas dos fatores físicos, mas também da interface de interação que existe entre o ambiente e o ocupante. Entende-se que o simples fato de adequar-se às normatizações não garante um ambiente

saudável, requer-se também entender e se adaptar as necessidades e perfil dos ocupantes para que os critérios de conforto, satisfação e bem-estar possam resultar num ambiente saudável e produtivo (STEPHEN; KANDAR, 2015; DASCALAKI *et al.*, 2009).

Pode-se afirmar que estudos são necessários na perspectiva de validar o conforto térmico, acústico, lumínico e qualidade do ar como indicadores de qualidade do ambiente em serviços de saúde, assim como verificar a relação entre as sensações e necessidades individuais com os parâmetros físicos mensuráveis, considerando as categorias de ocupantes envolvidas, para com isso desenvolver o conceito de qualidade ambiental interna baseada em indicadores.

2.2.2 CONFORTO AMBIENTAL NA UTI

Os princípios de conforto ambiental foram introduzidos ao setor hospitalar com a criação das primeiras UTIs através da sua idealizadora, a enfermeira inglesa F. Nightingale. Presumia-se que a ventilação e iluminação poderiam potencializar o tratamento dos pacientes e diminuir seu sofrimento (SANTOS, 2009).

A UTI é um ambiente estressante, com estímulo provindo de várias fontes, incluindo elementos como brilho produzido por lâmpadas fluorescentes, ausência de luz natural, ruídos produzidos por equipamentos e pela superlotação. Alguns destes estressores são causados pelos próprios recursos de tratamento, o que foi descrito por Alameddine *et al.* (2009) como “fontes estressoras inevitáveis”, como é o caso de perturbações advinda do uso de equipamentos biomédicos e a interferência frequente da equipe para execução de condutas terapêuticas.

Lima Junior *et al.* (2009) investigaram as condições de trabalho em hospitais na cidade de Natal/RN e identificaram que entre os aspectos que apresentaram pior avaliação relatada pelo profissional foi o conforto ambiental. Em decorrência deste desconforto, a UTI chega a ser descrita como um “caos irritante” (SAMUELSON, 2011) ou ainda “um desastre ergonômico” (DONCHIN; SEAGULL, 2002).

As condições ideais em que as UTIs devem ser projetadas são baseadas nas evidências de que o ambiente físico pode trazer efeitos fisiológicos, psicológicos e sociais para equipe médica e pacientes. Um design adequado pode reduzir erros, o tempo de permanência dos pacientes e também os custos, melhorar a satisfação do profissional com o ambiente de trabalho, o que está relacionado com o comprometimento e os resultados da execução da tarefa (THOMPSON *et al.*, 2012).

Além disto, pacientes em UTI necessitam especialmente de um ambiente confortável, pois eles são muito vulneráveis a doenças associadas ao desconforto, causado pela estrutura da UTI e pela própria equipe de cuidados (ESCUDERO *et al.*, 2014; AZIZPOUR *et al.*, 2013).

Pode-se entender que os requisitos de conforto ambiental fazem parte da integralidade do atendimento dos pacientes internos, conforto e alívio da dor (HUISMAN *et al.*, 2012; WALDEN *et al.*, 2001).

O conforto ambiental na UTI é percebido por pacientes e equipe médica como necessário ao tratamento de doenças críticas, embora, segundo Khodakarami e Nasrollahi (2012), poucas pesquisas foquem sobre este aspecto. Derivadas do desconforto podem surgir alterações sensoriais e perceptivas, influenciando no surgimento de stress e progressão de distúrbios fisiológicos (CYPRESS, 2011). A exemplo, a boa qualidade do ar interno pode ser parte do tratamento e afeta o controle de infecção; um ambiente térmico confortável ajuda a promover a sensação de proteção, afetando emocionalmente o paciente e auxiliando com o processo de cura (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012).

Assim, os critérios de percepção individual podem indicar o quão bem o indivíduo está adaptado ao ambiente e de que forma esse ambiente pode influenciar o ocupante. A nível ocupacional, tal percepção pode inclusive afetar a execução da tarefa trazendo repercussões não só pessoais, mas também organizacionais.

2.2.3 PERCEPÇÃO E PRIORIDADE PERCEPTIVA DE CONFORTO

Desde os primórdios da história evolutiva do homem ele tem usado sua capacidade de perceber o ambiente como uma ferramenta de defesa e sobrevivência adaptativa. Em outras palavras, a percepção do ambiente resulta das necessidades biológicas humanas de entender o mundo ao seu redor. O homem interpreta o ambiente para se sentir seguro com ele e adaptar seu comportamento às situações específicas. Caso as informações perceptivas sejam deturpadas interpreta-se o ambiente como anormal ou opressivo como é o caso, por exemplo, de ambientes sem iluminação natural onde o ocupante não recebe informações sobre o tempo ou horário do dia (GANSLANDT; HOFMAN. 1992).

O cérebro registra bem mais informações do que emerge à consciência, assim, boa parte das informações captadas ficam guardadas no subconsciente, contudo, afetam igualmente a percepção do espaço. Essa seleção do que é consciente e subconsciente é condicionado pelas necessidades biológicas de autoproteção (CAVALCANTI, 2003).

Um dos mais importantes trabalhos que discutiu e tentou estimar a percepção ambiental como um requisito para avaliação de conforto foi desenvolvido por P. O. Fanger em 1970. Identificou-se a percepção de conforto como interações de vários fatores ambientais e pessoais, o que é chamado de “Teoria de Fanger”, a partir da qual a comunidade científica passou a entender o conforto térmico, como resultante da combinação de parâmetros ambientais

e perceptivos (AZIZPOUR *et al.*, 2013; FRANSSON *et al.*, 2007). Desde então, diferentes modelagens têm sido propostas para prever o conforto térmico, e também ambiental de uma forma geral (FRANSSON *et al.*, 2007), contudo, estas modelagens não têm considerado o ambiente holisticamente, o que é uma restrição ao estudo de qualidade ambiental global em locais fechados (HUANG *et al.*, 2012).

As sensações subjetivas podem ser determinadas fortemente por diferenças individuais. A maneira como o cérebro interpreta o ambiente está condicionada por diversos fatores (SANTOS, 2009), assim, o paradigma “estímulo-resposta” é obsoleto e simplista tendo em vista que as pessoas se comportam de maneiras diferentes, e isto pode ser determinado por características individuais como experiência prévia, estado emocional, quantidade de tecido adiposo e glândulas sudoríparas para regulação da temperatura corporal, número de células ópticas ou ainda acuidade auditiva (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011; COUTINHO, 2005; GUYTON; HALL, 1998). Portanto, para compreensão da magnitude da percepção é necessário entender que a resposta às características ambientais deriva da natureza do estímulo, das características individuais e da atual condição do indivíduo (SANTOS, 2009).

No que diz respeito à percepção de conforto ambiental aceitável, as opiniões das pessoas variam dependendo de quanto tempo elas permanecem no ambiente. Alguém que tenha permanecido em um espaço por um longo período pode tornar-se habituado com seu entorno e, conseqüentemente, ter uma menor sensibilidade para detecção de estímulos (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011).

Ainda, a taxa de ocupação, tamanho da sala e o gênero, segundo Dascalaki *et al.* (2009), são determinantes para identificação do número de sintomas percebidos e percepção do conforto ambiental satisfatório. As mulheres são mais sensíveis aos aspectos térmicos do que os homens. Fato corroborado por estudo de Kim *et al.* (2013), indicando que o nível de satisfação das mulheres foi consistentemente baixo comparado com os homens para todos os indicadores de qualidade do ambiente interno investigados, dentre os quais conforto térmico, acústico, lumínico e qualidade do ar. As mulheres tiveram 1,84, 1,70 e 1,56 a mais de chance de estarem, respectivamente, insatisfeitas com a temperatura, qualidade do ar e iluminação. Assim, tem-se que o sexo feminino é mais sensível às condições ambientais, em especial às condições térmicas, tendo a idade como mediadora. O nível da atividade e o período do ano também podem interferir na percepção. Dascalaki *et al.* (2009) e Wan *et al.* (2011) encontraram melhor conforto térmico percebido na primavera.

Portanto, as pessoas percebem mais informações do que é capturado em um simples mensuramento experimental, assim, segundo Okamoto (2014), todo fato é percebido consciente

ou inconscientemente. Em corroboração, Fransson *et al.* (2007) constataram que as variáveis subjetivas tiveram mais alta correlação com a experiência global em comparação com as variáveis quantitativamente mensuráveis, logo uma abordagem integral combina parâmetros objetivos e subjetivos. Os dados subjetivos ajudam a entender e identificar potenciais problemas no ambiente, o que pode ser enriquecido com os dados coletados em campo (DASCALAKI *et al.*, 2009).

A sensação térmica influencia significativamente na percepção do ambiente de uma forma global. A interação “homem x ambiente” foi destacada por Pellerin e Candas (2003) ao afirmar que um ambiente termoneutro influencia os indivíduos a julgar mais severamente o nível de ruído, mas se o ambiente está fora da faixa de termoneutralidade os indivíduos são menos afetados pelo ruído. Isto deve-se à prioridade perceptiva decorrente do processo evolutivo ou mesmo pela utilização de mesmas vias de condução nervosa, tendo como resultado a interpretação de um estímulo mais rapidamente em detrimento de outro. Assim, questiona-se: Qual a variável poderia ter maior poder de influenciar a qualidade do ambiente e o risco de exposição? Essa mesma variável também traria maiores riscos à saúde e bem-estar dos profissionais?

Estudos realizados por Tziaferi *et al.* (2011) na tentativa identificar o risco ocupacional em UTIs a partir da qualidade do ambiente, fazendo para tanto uma mensuração objetiva, perceptiva e observacional, identificaram que o nível de escolaridade, formação profissional e experiência profissional foram os fatores determinantes na percepção ambiental do risco de exposição. A formação cultural do indivíduo define sua visão de realidade e leque de possibilidades impactando na interpretação de um dado fenômeno (OKAMOTO, 2014).

Os resultados de Tziaferi *et al.* (2011) sugerem que a iluminação é o parâmetro mais conflitante no que diz respeito à percepção por apresentar divergências com as medidas quantitativas, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Risco ambiental objetivo, perceptivo e observado em UTIs da Grécia.

	Hospital 1			Hospital 2		
	P	O	M	P	O	M
Umidade	A	A	A	A	A	B
Temperatura	A	A	B	A	A	B
Ruído	A	A	B	C	A	B
Iluminação	C	A	B	A	A	A

Fonte: Tziaferi *et al.* (2011) (Adaptado)

Legenda: P = perceptivo; O = observacional; M = objetivo;
(A) Risco baixo; (B) Risco médio; (C) Risco alto.

Quando estudada a interação entre os diversos fatores ambientais para identificar quais tem maior peso na avaliação global da qualidade e conforto ambiental, o conforto térmico foi identificado como o mais significativo. Huang *et al.* (2012) observaram que quando os indivíduos estiveram em suas zonas de conforto térmico, níveis excedentes de ruído e iluminação foram mais bem tolerados, no entanto, quando os indivíduos se sentiram insatisfeitos com a temperatura, a satisfação com o ambiente global também decresceu.

A iluminância foi o parâmetro que teve o menor poder de influenciar o conforto ambiental. Mesmo quando os níveis de iluminação estavam fora da faixa aceitável ainda foi possível que a totalidade do ambiente fosse avaliada como aceitável (HUANG *et al.*, 2012). Em ambientes termicamente confortáveis a proporção de indivíduos que afirmaram estar em conforto visual se manteve acima de 80% mesmo com drásticas variações nos níveis de iluminação (de 500 até 3500 lx) (HALDI; ROBINSON. 2010).

Frontczak e Wargocki (2011) ao agrupar os principais estudos que investigaram os aspectos condicionantes do conforto ambiental mostraram que o conforto térmico tem maior peso quando se avalia o ambiente de forma global. Paralelamente, seus resultados sugeriram que o conforto ambiental foi influenciado pelo nível de educação em detrimento das características individuais - sexo, idade, porte físico, prática de atividade física, estado de saúde, sensibilidade ambiental, autoestima, ciclo menstrual, hábito de fumar e beber café, estresse no trabalho ou horas trabalhadas por semana.

Kim e Dear (2012) afirmam que quando um ambiente fechado tem um bom desempenho relacionado à temperatura e ruído, mesmo que os outros componentes ambientais como qualidade do ar e iluminação não tenham boa performance os ocupantes mantêm-se satisfeitos com o ambiente de forma global. O ruído, neste caso, teve um maior impacto na satisfação global, especialmente se o ambiente for identificado como globalmente insatisfatório. Os coeficientes relativos a cada avaliação são dispostos na Tabela 2 tendo $\beta_0=0,38$. De fato, pede-se notar como satisfação global do ambiente é influenciada por cada item e identificar que essa relação é não-linear e assimétrica.

Tabela 2 - Coeficientes de regressão dos itens relacionados à satisfação global do ambiente

	Grupo satisfeito	Grupo insatisfeito
Temperatura	0,12	-0,21
Qualidade do ar	0,16	-0,19
Iluminação	0,18	-0,18
Ruído	0,21	-0,38

Fonte: Kim e Dear (2012) (Adaptado)

Ainda segundo Frontczak e Wargocki (2011), quando avaliado cada dimensão do conforto ambiental isoladamente percebeu-se que: (1) O conforto térmico foi influenciado pelo tipo de edifício e variações sazonais; (2) A qualidade do ar foi influenciada mais fortemente pelas características psicossocial no trabalho; (3) O conforto visual foi afetado pela idade e tipo de trabalho dos ocupantes; (4) O conforto acústico foi afetado pela nacionalidade do indivíduo. Logo, entende-se que a nacionalidade, nível de escolaridade, tipo de trabalho e características psicossociais do trabalho são os fatores que mais influenciaram na satisfação ambiental global nos ambientes construídos.

Entretanto, resultados divergentes têm sido encontrados: Fransson *et al.* (2007) postulam que as variáveis perceptivas que se mostraram preditoras do conforto ambiental são as variáveis relativas à percepção da qualidade do ar, umidade e exposição à iluminação natural; Frontczak *et al.* (2012) afirmam que não há uma variável que se destaque como prioridade para percepção global de conforto. A amplitude é a mesma para qualquer que seja o parâmetro estudado. Um coeficiente de relação equânime foi identificado entre a percepção global de conforto e as variáveis de conforto acústico ($r=0,52$), conforto térmico ($r=0,48$), conforto lumínico ($r=0,52$) e qualidade do ar ($r=0,64$).

Portanto, faz-se necessário investigar as diferentes condições ambientais exigidas em hospitais na perspectiva de conciliar as exigências pessoais e funcionais do ambiente (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012). Por fim, acredita-se que a interação entre pessoas e ambiente a nível hospitalar é um campo que exige maiores esforços na tentativa de aperfeiçoar o conhecimento de como adaptar o ambiente para ajustar os fatores conflitantes.

2.2.4 DUALIDADE NO PADRÃO DE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE

Desde o surgimento da ciência o padrão na forma do homem estudar e desenvolver o conhecimento têm sido dominados pelo paradigma cartesiano-newtoniano, que ainda nos tempos atuais domina a lógica do método científico, tendo como princípios a racionalidade, onde o método científico é a única abordagem válida na busca do conhecimento. A lógica mecanicista, vê do universo como um sistema mecânico, quantificado, previsível e controlável, e a lógica reducionista privilegiando a fragmentação em detrimento do todo (CARDELLA, 1999).

Contudo, uma nova visão sobre o mundo tem emergido, não como oposição, mas sim como forma complementar ao paradigma newtoniano, sendo chamada de abordagem integral ou holística. O pensamento integralista é subsidiado pela teoria geral dos sistemas, no qual o sistema é um todo integrado e suas propriedades não podem ser reduzidas às propriedades dos

subsistemas. O sistema tem características próprias, as quais não podem ser observadas isoladamente nos subsistemas, sendo que neste caso as relações são mais importantes que as partes integrantes (SEIFFERT, 2011).

Assim, a partir da noção sistêmica tem-se que o inter-relacionamento e interdependência dos fenômenos e a complexidade dinâmica em detrimento da complexidade de detalhes passam a serem fatores preponderantes para a avaliação do ambiente global. Parsons (2000), Huisman *et al.* (2012) e Dianat *et al.* (2013) são alguns dos autores que defendem a abordagem integrada na avaliação das variáveis do ambiente.

Portanto, têm-se basicamente duas abordagens para tentar avaliar e entender os fenômenos: (1) a abordagem reducionista, advinda do paradigma cartesiano-newtoniano, onde os detalhes de cada subsistema são o foco principal; (2) e a abordagem integralista, originada do paradigma sistêmico onde a interpretação das relações entre as partes envolvidas são mais claramente demonstradas.

Este capítulo abordou a avaliação ambiental de uma forma global e integralista, buscando discutir as inter-relações entre as variáveis. A seguir, serão discutidos em cada capítulo individualmente os pormenores que integram a avaliação e interpretação das variáveis que formam a base do conforto ambiental, assim como o estado da arte relativo a cada parâmetro, com foco na aplicação em Unidades de Terapia Intensiva.

2.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A qualidade ambiental interna é influenciada por diversas características termofísicas que interagem e geram sensações e percepções distintas nos ocupantes. Este ambiente interno é caracterizado de forma distinta a depender do local de avaliação e das condições climáticas onde está localizado. Entre as variáveis ambientais que atuam neste ambiente interativo, pode-se citar o ruído, as características térmicas, de iluminação e de qualidade do ar, as quais serão consideradas nas seções subsequentes.

2.3.1 O RUÍDO NA UTI

A preocupação com a poluição sonora em hospitais tem crescido ao longo das últimas décadas. A incorporação de novas tecnologias, o aumento de fluxo de profissionais e pacientes e a crescente sofisticação dos procedimentos têm tornado o ambiente problemático no que diz respeito ao conforto acústico (MORRISON *et al.*, 2003).

Consequentemente, muitas pesquisas abordam a exposição à pressão sonora em centros cirúrgicos e anestésicos (OLIVEIRA; ARENAS, 2012), em setores de emergências (SHORT *et al.*, 2011; KHADEMI *et al.*, 2011), em enfermarias (XIE; KANG, 2012) e em UTIs (MEMOLI *et al.*, 2014; LAWSON *et al.*, 2010), embora geralmente o foco seja nos efeitos sobre os pacientes (RYHERD *et al.*, 2012).

Neste sentido, a UTI merece atenção especial devido a sua estrutura física, organizacional e tecnológica e, por isso, os estudos tentam identificar as características da exposição e também os efeitos fisiopatológicos sobre organismo humano. A exposição crescente ao ruído em UTIs foi claramente evidenciada por Busch-Vishniac *et al.* (2005) ao fazer uma investigação temporal desta exposição, encontrando valores médios de 57 dBA durante o dia e 42 dBA no turno da noite em 1960 em comparação à 72 dBA diurnos e 60 dBA noturnos em 2005.

2.3.1.1 O ruído e sua mensuração

O som é uma força mecânica resultante de vibração molecular, contudo, quando esta grandeza física possui uma característica desorganizada e irregular, desagradável ao ouvinte, passa a ser chamado de ruído (HSU *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2000). O ruído foi definido por Carvalho *et al.* (2005) como uma onda aleatória e flutuante, cuja medição envolve a intensidade, frequência e dimensões temporais.

Oliveira e Arenas (2012) expandem esse conceito e afirmam que o ruído é uma sobreposição de sinais acústicos, não periódicos e com diferentes frequências de vibrações, tendo como poluição sonora a emissão do ruído de forma contínua, fora dos limiares normativos e que pode trazer prejuízos à saúde e bem-estar humano.

Atualmente, o ruído é uma das maiores fontes de exposição ocupacional, podendo atingir cerca de 14% dos trabalhadores, e concomitantemente, uma das maiores causas de perda auditiva (ISMAILA; ODUSOTE, 2014; DIAS *et al.*, 2006).

As normas brasileiras (NBR 10152:1992) determinam diferentes limiares de exposição a depender do local e do horário. Para manutenção do conforto de profissionais e pacientes, em ambientes hospitalares recomenda-se que o nível de pressão sonora permaneça em uma faixa de 35 a 45 dBA durante o dia, e 20 a 49 dBA durante a noite. Contudo, na literatura internacional existem divergências quanto a estes valores (TABELA 3). Publicações da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1999) sugerem que atenção deve ser dada para os níveis de ruído em UTIs, sendo que os valores de referência não estão bem esclarecidos na literatura devendo aguardar futuras pesquisas.

Tabela 3 - Limites recomendados de ruídos (em dBA) em hospitais

TURNO	<i>World Health Organization</i>	<i>International Noise Council</i>	<i>Environmental Protection Agency</i>	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
Manhã	40	45	45	40
Tarde	-	40	-	-
Noite	40	20	35	35

Fonte: Konkani e Oakley (2012); Oliveira e Arenas (2012); WHO (1999)

A medição da intensidade sonora é realizada através de decibelímetros ou dosímetros, pela comparação do ruído ambiente com limiar de audição em que o som não é percebido – 0 dB. Isso é realizado em base logarítmica, ou seja, em uma escala com múltiplo de dez, assim, 10 dB equivale a um som dez vezes mais intenso que o limiar de audição, 20 dB corresponde a um som 100 vezes mais intenso que o limiar, e assim sucessivamente (OLIVEIRA; ARENAS, 2012; CARVALHO *et al.*, 2005). A intensidade sonora audível ao ouvido humano varia entre 20 a 140 dB, quando o som do ambiente se aproxima do extremo máximo poderá surgir sensação de dor física (IIDA, 2005).

A medição da pressão sonora é realizada de maneira que o som passe por uma filtragem quando absorvido pelo instrumento. Isto acontece por que o ouvido humano não escuta todas as frequências de sons de modo linear e com a mesma intensidade, e, além disso, nem toda onda de som é audível ao ouvido humano, assim o instrumento de medição tenta corrigi-la detectando a pressão sonora por curvas de ponderação para que o aparelho possa efetuar as medições de maneira a reproduzir mais fielmente a sensibilidade do ouvido humano em função da frequência sonora (TORRES, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2000).

As medições podem ser realizadas em ponderações A, B, C ou D, sendo as faixas A e C as mais comumente utilizadas para medições em ambientes fechados. A ponderação A é indicada para medição de ruídos contínuos, além disto, estudos na área de psicologia identificam que a faixa A pode fornecer uma fidedigna mensuração da percepção subjetiva do som, enquanto a ponderação C é indicada para ruídos de impacto. A diferença obtida entre a faixa A e C (C - A) pode ser usada para identificar a qualidade do som. Diferenças em torno de 15 dB são consideradas como neutras, em diferenças $\leq 10\text{dB}$ o ruído é percebido como de alta potência, porém de caráter regular e em diferenças $\geq 20\text{dB}$ o ruído será percebido como de impacto.

Assim, mesmo em baixos níveis de dBA, um dado ruído pode ser percebido como incômodo em decorrência de um espectro de frequência desequilibrado, indicado por seu “C – A” valor. Estas faixas podem ser usadas para mensurar o ruído considerando a variação no nível

de intensidade e tipo o ruído - contínuo, intermitente ou de impacto (OLIVEIRA; ARENAS, 2012; KROEMER; GRANDJEAN. 2011; KAKEHASHI *et al.*, 2007).

A variabilidade da pressão sonora durante um período de tempo torna necessário identificar um nível de som que represente um valor que se estivesse presente durante todo o tempo de exposição promoveria uma equivalência em termos de efeitos adversos. Deste modo, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente (LAeq) satisfaz tal critério, e os efeitos adversos à exposição serão baseados no modo em que o indivíduo reage ao receber a energia acústica durante um determinado período de tempo, tornando-se assim uma abordagem adequada para avaliar o risco à saúde advindo da exposição ao ruído (MIGUEL, 2014; PARSONS, 2000).

Segundo a NHO 01 (BRASIL, 2001) a tolerância à exposição pode ser identificada através da Dose de Ruído (%), obtida diretamente por dosímetros ou ainda através da Equação 1, considerando o tempo de exposição (TE) e nível de exposição (NE), medido por sua vez pela Equação 2, onde NM equivale ao nível médio de pressão sonora (dBA). Ainda segundo a norma, o NE e a Dose de ruído são totalmente equivalentes, sendo possível a partir de um obter o outro.

$$Dose = \frac{TE}{480} \times 100 \times 2^{\frac{(NE-85)}{3}} \quad (1)$$

$$NE = 10 \log \left[\left(\frac{480}{te} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \right] \quad (2)$$

A pressão sonora é subjetivamente percebida como a altura do som e a tonalidade advém das variações da frequência. A frequência é dada em Hertz (Hz) a qual indica em segundos os ciclos de vibração ou quantidade de ondas sonoras em função do tempo (KROEMER; GRANDJEAN. 2011; DAVIS; SILVERMAN. 1970). Sousa (2012) e Miguel (2014) classificam o ruído a partir das três faixas de frequência, considerando que a capacidade de detecção de sons pelo ouvido humano varia em uma estreita faixa de 16 a 20.000 Hz, a qual é nomeada gama de frequência audível, com zonas de maior sensibilidade que outras, e o conjunto de todas elas configuram o que se denomina resposta de frequência do ouvido.

Mais especificamente, o ouvido humano necessita de maiores pressões sonoras para detectar sinais de baixa frequência, e a capacidade de distinguirmos a mínima alteração na tonalidade do som depende da frequência, intensidade sonora, duração do som, velocidade da alteração, assim como características pessoais (LAWSON *et al.*, 2010).

Os métodos tradicionais de medição do ruído tendem a avaliar somente a energia acústica que possui potencial para causar distúrbios auditivos (400-8000 Hz). Assim, os ruídos de baixas frequências (≤ 400 Hz) são pouco avaliados e seus efeitos são pouco conhecidos.

Apesar de não se conhecer ao certo como a energia acústica de baixa frequência afeta os sistemas biológicos, alguns estudos tentam identificar tais efeitos. Alves-Pereira *et al.* (2003) identificaram alterações cardiovasculares e no sistema respiratório causado pela exposição à infrassons; Yoshida *et al.* (2014) encontraram danos celulares causados pela exposição à infrassons. Contudo, os acometimentos relacionados aos ruídos de baixa frequência são determinados, em grande parte, pelo tempo de exposição, no entanto, segundo Antunes (2009), este é um fato que não é unanimemente aceito como um risco ocupacional.

2.3.1.2 Sistema auditivo e interconexões fisiológicas

O ouvido humano pode identificar uma larga variedade de intensidade sonoras com variações de energia de até 1 trilhão de vezes. As ondas sonoras que chegam ao ouvido são identificadas por uma composição de mecanismos que se movimentam mutuamente em reação às ondas sonoras. Tem-se uma associação de estímulos, que para captação inicial do som, estimula estruturas do ouvido médio, ou também chamado de sistema ossicular, seguindo para o ouvido interno composto pela cóclea (FIGURA 2) (GUYTON; HALL, 1998).

a. Ouvido médio

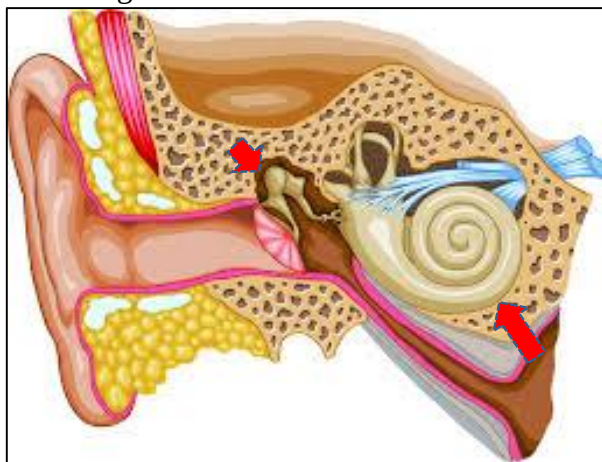
O ouvido médio é composto pela bigorna, estribo e martelo e fornece uma especial função de proteção contra a alta exposição sonora. Quando sons de alto volume chegam ao ouvido médio ocorre um reflexo de atenuação que ocorre por meio da contração dos músculos que movimentam os componentes ossiculares, enrijecendo-os em uma posição de escudo. Isso acontece especialmente aos sons de baixa frequência e podem reduzir a intensidade da transmissão do som em até 40dB (RAFF; LEVITZKY, 2012; GUYTON; HALL, 1998).

b. Ouvido interno

Composto pela cóclea que é um sistema de tubos envolvido em formato de espiral, os quais são responsáveis por gerar os impulsos nervosos em resposta à onda sonora. É um órgão terminal receptivo, que em resposta à onda sonora gera oscilações membranosas que variam em função da frequência do som. A identificação da frequência do som ocorre quando a oscilação atinge o ponto em que a frequência de ressonância natural da cóclea é compatível com a frequência do som. Assim, sons de baixa frequência causam ativação máxima perto do ápice da cóclea, sons de alta frequência ativam a membrana próxima à base da cóclea. Desta

maneira, neurônios específicos são ativados por frequências sonoras específicas (RAFF; LEVITZKY, 2012; GUYTON; HALL, 1998).

Figura 2 - Ouvido médio e interno



Fonte: Costanzo (2014)

Legenda: Seta maior = ouvido interno; Seta menor = ouvido externo

Como se viu anteriormente, a detecção da frequência do som é realizada pela cóclea, contudo, para a determinação do volume existem três mecanismos distintos; (1) pela amplitude da vibração da membrana basilar da cóclea; (2) pela somação espacial dos impulsos vibratórios; (3) pela estimulação de células ciliadas externas, localizada internamente à cóclea, mas que não fazem parte das estruturas membranosas, que são ativadas apenas quando a vibração apresenta alta intensidade, alertando ao sistema nervoso que o som está em alto volume (COSTANZO, 2014; RAFF; LEVITZKY, 2012).

A via de comunicação das estruturas do ouvido com o sistema nervoso central é realizada pelo nervo coclear, que adentra ao bulbo no tronco encefálico e segue para o mesencéfalo, tálamo e termina no córtex auditivo localizado na área temporal, que é responsável pela interpretação do som, tendo áreas diferentes para interpretação da frequência e da intensidade (COSTANZO, 2014; RAFF; LEVITZKY, 2012).

A estimulação auditiva cria ressonâncias de estímulos por todo sistema nervoso, e podem chegar às áreas as quais não são necessariamente destinadas para interpretação do som. Essa afirmação pode ser assegurada pela declaração a seguir:

“(...) muitas fibras colaterais dos tratos auditivos vão diretamente para o sistema reticular ativador do tronco cerebral. Esse sistema se projeta difusamente para cima do tronco cerebral e para baixo da medula espinhal e ativa todo o sistema nervoso em resposta a um alto som.”

Guyton e Hall (1998), pp.386.

Portanto, a interpretação do ruído é realizada de forma bem mais complexa do que o simples ato de ouvir, podendo refletir de diversas formas no organismo a depender dos níveis acústicos e de como a interpretação é realizada.

2.3.1.3 Campo de investigação e lacunas metodológicas

Existe basicamente duas linhas de pesquisa quando se avalia a pressão sonora em ambientes fechados: Uma das linhas é voltada para a quantificação do nível de exposição sonora e suas fontes, e uma segunda linha está voltada para identificação dos potenciais efeitos fisiopatológicos desta exposição no corpo humano (KONKANI; OAKLEY, 2012).

Os estudos, contudo, não mostraram uma uniformização metodológica, de modo que um comparativo se torna difícil. A inconstância ocorre na estratégia de coleta, tempo das medições, tipo de dado coletado e no posicionamento do equipamento. Os maiores problemas quanto a estas medições é o período de coletas curto, o que pode fornecer dados de períodos atípicos e distorcer as medições; e o não mapeamento simultâneo de múltiplas áreas, o que possibilitaria investigar as associações entre as diferentes fontes. A construção de um mapeamento para mensuração em ambientes fechados pode identificar um campo de som semireverberante o que interfere na qualidade acústica do ambiente, e é decorrente principalmente da acústica da sala. O mobiliário mostra não proporcionar efeito significativo na variação da pressão sonora nos hospitais, o que os torna campos sonoros difusos (XIE; KANG, 2012; 2009).

Além disso, o conhecimento dos funcionários sobre as medições, um aspecto da pesquisa nem sempre claro e relatado, por si só poderia modificar o comportamento dos mesmos – isto pode ser chamado de *Efeito Hawthorne* – e fornecer dados não confiáveis (MEMOLI *et al.*, 2014; FRONTCHAK; WARGOCKI, 2011; CHRISTENSEN. 2007).

Em relação à avaliação dos níveis de pressão sonora em instituições de saúde, a literatura indica o ruído como uma das maiores fontes de distúrbios ambientais. Esta ocorrência se mostra comum em todo o mundo: Na Grécia, Tsiou *et al.* (1998) referiram níveis de ruídos em UTIs acima dos recomendados pelas normas internacionais; Carvalho *et al.* (2005) encontraram níveis de ruídos em UTIs de São Paulo acima dos recomendados pelas normas brasileiras; Nos Estados Unidos, Lawson *et al.* (2010) encontraram níveis de pressão sonora de 45 dBA e de 85 dBC em UTIs; Salandin *et al.* (2011) investigaram UTIs alemãs e afirmaram que mais de 80% dos profissionais se sentiram perturbados pelo ruído advindos dos sistemas de monitorização; no Reino Unido, Xie e Kang (2012) identificaram que alas hospitalares têm um campo sonoro difuso; e Delaney *et al.* (2014) registraram níveis de ruído entre 41,2 e 85,5dB

em UTIs da Austrália, com picos superiores a 70dB ocorrendo cerca de 6,78 vezes por hora, o que ocasionou perturbações na qualidade e continuidade do sono, além de retardar, segundo Elliott *et al.* (2013), a evolução diagnóstica e recuperação do paciente.

Os estudos atribuem o alto nível de ruídos da UTI à densidade tecnológica, contudo, outra vertente afirma que a fonte principal de ruído seria o próprio profissional (CASTRO *et al.*, 2013; DASCALAKI *et al.*, 2009). Ryherd *et al.* (2012) afirmam que as fontes de ruído em UTIs podem ser de origens diversas, incluindo sistemas de condicionamento do ar, computadores, aparelhos de suporte respiratórios e de monitorização, conversas e manuseio de objetos e materiais.

A incorporação constante de novas tecnologias e a iminente necessidade da segurança para atender de forma eficaz as demandas urgentes fez com que aos poucos, grande número de sinais sonoros fossem agregados aos equipamentos do setor (TABELA 4), trazendo sérios danos ao conforto acústico do profissional e do paciente, que rodeados por um arsenal de máquinas podem sofrer desde um leve desconforto até distúrbios psicofisiológicos (DONCHIN; SEAGULL, 2002).

Tabela 4 - Fontes e níveis de ruído em UTIs

FONTE DE RUÍDO	INTENSIDADE (dBA)
Ventilador mecânico	60-65
Alarme do ventilador mecânico	70-85
Alarme da bomba de infusão	65-75
Alarme da oximetria de pulso	60-75
Monitor cardíaco	50-55
Sistema de aspiração endotraqueal	50-60

Fonte: Carvalho *et al.* (2005)

Cerca de 65 a 95% dos problemas sonoros da UTI advêm dos falsos alarmes sendo que 94% das vezes que eles soam não há qualquer perigo iminente para o paciente (GORGES *et al.*, 2009) e por isso, a equipe tende a ignorar, silenciar ou até mesmo desativar os alarmes acrescentando risco aos pacientes (RYHERD *et al.*, 2012). Em um hospital curitibano - PR foi identificado que 36% dos profissionais entrevistados consideram os equipamentos as principais fontes geradoras de ruído, seguido de conversas (34%) e movimentação de pessoas (18%) (COSTA *et al.*, 2011).

A exposição a altas doses de ruídos em UTIs pode amplificar o impacto de um trabalho estressante e afetar o desempenho, a concentração, a vigilância e a comunicação entre os profissionais (RYHERD *et al.*, 2012), além de ainda causar a fragmentação do sono de pacientes em mais de 50% dos casos secundariamente aos alarmes dos aparelhos

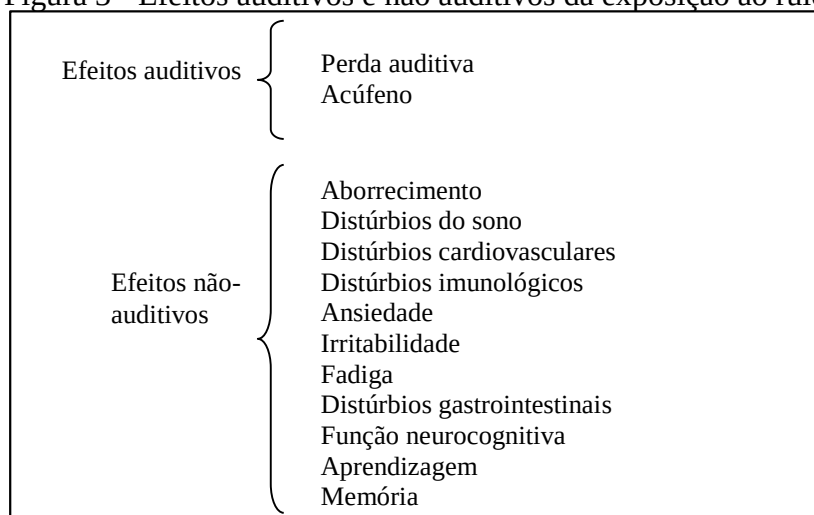
(NANNAPANENI *et al.*, 2013). Tais efeitos sobre a saúde serão mais detalhadamente expostos na seção seguinte.

2.3.1.4 Repercussões físicas e psicológicas do ruído

A priori, o sistema auditivo funciona como um órgão de defesa que em condições extremas entra em estado de alerta contra agentes agressores externos. Quando o estado de alerta perdura por um longo período de tempo, mecanismos compensadores podem favorecer a ocorrência de distúrbios na fisiologia e homeostasia corporal (KROEMER; GRANDJEAN. 2011).

Os efeitos do ruído no corpo humano podem ser categorizados em duas grandes áreas: (1) efeitos auditivos, como consequência direta da exposição, a exemplo da perda auditiva; e (2) efeitos não-auditivos, por consequências sistêmicas da exposição e que afetariam a homeostasia corporal.(BASNER *et al.*, 2014; ISMAILA; ODUSOTE, 2014) (FIGURA 3).

Figura 3 - Efeitos auditivos e não auditivos da exposição ao ruído



Fonte: Basner *et al.* (2014)

A exposição a ruídos excessivos por longo prazo tem-se mostrado um forte componente lesivo sobre as células especializadas da audição, causando perda progressiva e irreversível da capacidade auditiva – chamada de perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) – além de outros sintomas como o acúfeno e a vertigem (DIAS *et al.*, 2006).

Além disto, alguns efeitos fisiológicos decorrentes da exposição ao ruído são relatados na literatura, tais como: aumento da pressão arterial; alterações no ritmo cardíaco; vasodilatação periférica; dilatação das pupilas; aumento da secreção da adrenalina em decorrência da sensibilidade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal a ruídos acima de 65 dB; e insônia que por

si pode ser um gatilho para o estado de imunossupressão, síntese inadequada de proteínas, ansiedade e irritabilidade (STANSFELD; SHIPLEY, 2015; BABISCH *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2005). A exposição prolongada ao ruído pode ainda estar associada com a função neurocognitiva, aprendizagem, memória e transtornos de humor (LILIAN *et al.*, 2015).

A ocorrência dos sintomas é mediada pela sensibilidade humana, que por sua vez é afetada pela idade, sexo, estado geral de saúde e o nivelamento profissional. A alta sensibilidade ao ruído é um preditor de sintomas depressivos e sofrimento psíquico, e também da ocorrência de angina em profissionais de menor nível administrativo (STANSFELD; SHIPLEY, 2015).

Além da angina, a hipertensão, alta frequência cardíaca e anormalidades ecocardiográficas foram relatadas na literatura como associadas aos níveis de exposição ao ruído a longo prazo. Observou-se diferenças estatisticamente significativa na prevalência de tais sintomas entre grupos de indivíduos altamente expostos ($92,2 \pm 6,5\text{dBA}$), de nível intermediário de exposição ($85,2 \pm 6,7\text{dBA}$) e pouco expostos ($62,2 \pm 28,7\text{dBA}$). O grupo altamente exposto apresentou maiores pressões arteriais e frequência cardíaca, além de ter duas vezes mais chance de prevalência de hipertensão arterial e anormalidades ecocardiográficas (TOMEI *et al.*, 2010).

Castro *et al.* (2013) afirmam que a contínua exposição aos ruídos que excedam 85 dB pode trazer efeitos fisiológicos e psicológicos à saúde, com mais destaque aos distúrbios do sono; Estudo de Ismaila e Odusote (2014) indicaram que a exposição sonora aos ruídos acima de 89 dBA pode ocasionar um aumento repentino na pressão sanguínea arterial – mais especificamente na pressão sistólica; Hsu *et al.* (2010) estudaram a relação entre os níveis de exposição ao ruído e a ocorrência de sintomas fisiológicos e psicológicos no pós-operatório de cirurgias cardíacas e identificaram que esta variável possuiu forte correlação com a frequência cardíaca e a pressão sanguínea arterial, além influenciar no surgimento de sintomas como aborrecimento, ansiedade, insônia e fadiga; Di *et al.* (2015) identificaram que em ambientes com ruídos acima de 60dBA houve um aumento exponencial na frequência de aborrecimento entre os indivíduos, ademais observou-se um coeficiente de correlação de 0,946 entre a exposição a ruídos e a ocorrência de aborrecimento.

Há indícios de que o estado de aborrecimento seria um mediador para ocorrência de distúrbios cardiovasculares decorrentes da exposição ao ruído. Babisch *et al.* (2013) identificou que o estado de aborrecimento autorreferido, associado a níveis de ruído acima de 65dBA favoreceram a ocorrência de hipertensão arterial.

Donchin *et al.* (2002) fazem menção inclusive ao que eles chamam de “Síndrome da UTI”, causada em pacientes de longa permanência e caracterizada por alterações nos ciclos

circadianos. Além destes sintomas, acometimentos gastrointestinais são descritos na literatura como resultado da exposição prolongada ao ruído, a exemplo de vertigens, náuseas e vômitos (OLIVEIRA; ARENAS, 2012).

A frequência de queixas de saúde relacionadas à exposição ao ruído (TABELA 5) aumentam com a faixa etária e também com o tempo de exposição, contudo, uma série de processos adaptativos podem ocorrer com a exposição prolongada (ALMEIDA *et al.*, 2000). A exemplo, em pesquisa na cidade do Recife-PE, 97% dos profissionais em UTIs consideram o ruído no setor moderado a intenso, mas apenas 50,7% sentiram-se incomodados (SAMPAIO NETO *et al.*, 2010)

O nível de experiência do funcionário pode também interferir nestes resultados. Morrison *et al.* (2003) identificaram que profissionais menos experientes quando expostos a níveis sonoros excessivos tiveram maiores variações na frequência cardíaca em comparação aos funcionários experientes.

Tabela 5 - Frequência de queixas sintomatosas relacionada ao ruído em UTI

QUEIXA SINTOMATOLÓGICA	%
Irritação	45,65
Alterações do sono	44,20
Dor de cabeça	44,20
Baixa concentração	34,78
Alterações gástricas	28,99
Desconforto	18,12
Nervosismo	17,39
Sem queixas	16,67
Acúfeno	14,49
Cansaço	14,49
Tontura	7,97
Nº médio de queixas	
2,7	

Fonte: Costa *et al.* (2011)

A exposição excessiva e prolonga ao ruído pode inclusive afetar o desempenho e motivação dos profissionais, primeiramente por causar interrupções das atividades que necessitam de concentração, e secundariamente em decorrência dos sinais e sintomas fisiopatológicos que o ruído em excesso pode causar (KONKANI; OAKLEY, 2012; OLIVEIRA; ARENAS, 2012). Segundo a Norma Regulamentadora 17 (NR 17) (BRASIL, 2009), nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam demanda intelectual e de atenção constante é recomendado um controle adequado do ruído.

Portanto, entende-se que níveis aceitáveis de ruído podem contribuir para assegurar uma ecologia ambiental favorável para a manutenção da saúde e bem-estar dos profissionais e também para a recuperação do paciente, à medida que minimiza o stress físico e psíquico, assim

como a probabilidade de ocorrência de erros, e potencializa a performance e capacidade laboral dos profissionais em um setor historicamente desfavorável (KAKEHASHI *et al.*, 2007).

Além disto, a recuperação após o dia de trabalho, através de boa noite de sono, pausas e lazer, é essencial a manutenção da saúde. Na perspectiva de Kroemer e Grandjean. (2011), caso os efeitos irritantes do ruído não sejam intercalados por pausas recuperadoras, o que acontece quando o profissional assume jornadas duplas ou triplas de trabalho, o resultado será um desequilíbrio entre stress e recuperação e será um fator causal para fadiga e incidência de doenças.

Outras variáveis de interesse, que interferem na saúde do profissional, são as características térmicas, que serão abordadas nas seções subsequentes.

2.3.2 CONFORTO TÉRMICO NA UTI

O conforto térmico vem sendo mais profundamente estudado desde meados da década de 70, e teve avanços significativos a partir dos estudos de P.O. Fanger. Atualmente, é definido como uma condição de satisfação relatada pelos usuários (ASHRAE, 2004), ou seja, é uma condição subjetiva decorrente do ajustamento corporal e comportamental às expectativas pessoais, as quais resultam de interação dinâmica e complexa entre homem e ambiente.

A construção do estado da arte relativo ao conhecimento do conforto térmico vem sofrendo diversas alterações em função do tempo. O que se postula hoje no meio científico é uma tentativa de atualizar a forma de avaliar o conforto térmico, hoje baseada na ISO 7730, para uma avaliação mais centrada em populações específicas, já que as particularidades podem afetar significativamente o estado de conforto.

As seções a seguir irão comentar mais minuciosamente as particularidades referentes à construção do estado da arte e modelos teóricos vigentes, as reações do organismo biológico aos estímulos do meio, os fatores determinísticos para o estado de conforto, e possíveis efeitos sobre a saúde das populações expostas com foco em ambientes fechados e especialmente em serviços de saúde.

2.3.2.1 Abordagens teóricas e perspectiva atual

Através de modelagens matemáticas, e ao considerar múltiplas variáveis envolvidas, P.O. Fanger constatou que intensidades semelhantes de frio ou calor originam sensações de conforto e desconforto térmico de igual magnitude e, a partir disto, foi desenvolvido métodos subjetivos para análise e quantificação do conforto térmico (COUTINHO, 2005).

O modelo do balanço térmico vê o indivíduo como um receptor passivo dos estímulos térmicos e se baseia na hipótese de que os efeitos de um dado ambiente são mediados exclusivamente pelas forças físicas de troca de calor entre corpo e meio (YAO *et al.*, 2009).

Contudo, Brager e Dear (1998) elucidaram através de uma revisão sistemática as evidências científicas que embasaram a teoria adaptativa do conforto, que vem a complementar, e não se opor, a teoria do balanço térmico de Fanger, e trazer novas luzes ao conhecimento da interação “homem x ambiente”.

Yao *et al.* (2009) reafirmam esse entendimento ao declarar em seu estudo que o PMV superestima a sensação térmica real, especialmente em temperatura mais elevadas; levando a uma necessidade de reformular a amplitude da zona de conforto de -0,85 a +0,85 para -1,45 a 0,65, o que em termos de temperatura corresponde a uma mudança de 22,6 - 29,2°C para 20,4 - 28,4°C, baseando-se também no fato de que em regiões geográficas quentes e úmidas a sensação térmica ótima não é “neutro”, mas sim “ligeiramente frio” (HWANG *et al.*, 2009).

Sobre essa ótica, surge a necessidade de atualizações das normas e método de avaliação, tendo em vista que as especificidades da população estudada podem levar a resultado inconsistentes (ZHOU *et al.*, 2014). Yang *et al.* (2015) apontam que em localizações geográficas de clima quente e úmido, em decorrência de mecanismos adaptativos, a sensação térmica nos ambientes fechados com condicionamento do ar, o índice PMV pode gerar uma superestimação da sensação térmica vindo a propor uma atualização dos índices PMV e PPD (TABELA 6), e que as temperatura que oferecem uma zona de conforto orientada pelas normas, em localizações com o tipo de clima referido podem ter uma ampliação de cerca de 1,6°C. O ajustamento considera o peso da aclimação nos indivíduos que têm como experiência prévia um clima temperado.

Esses resultados vão ao encontro com os de Kim *et al.* (2015a) ao observarem que o PMV previsto superestima a sensação térmica real em condições de calor, sendo confiável apenas em condições aproximadas de conforto, o que implica afirmar que os ocupantes desenvolveram mecanismos adaptativos, desconsiderados pela predição. A partir desses achados, o autor propôs adaptações nos modelos de Humphreys e Nicol (2002) e Yao *et al.* (2009) (TABELA 6).

Assim, baseando-se na modelagem de Fanger e na abordagem adaptativa, novas modelagens para inferir sobre o conforto térmico têm sido propostas: Humphreys e Nicol (2002) propuseram um “novo PMV” a fim de compensar as incertezas nas previsões de Fanger; Yao *et al.* (2009) baseando-se na abordagem adaptativa propôs o que chamou de voto médio predito adaptativo (PMVa) chegando a um coeficiente de adaptabilidade; Yang *et al.* (2015)

formularam um PMVa para regiões quentes e úmidas, enquanto Kim *et al.* (2015a) reformularam as equações de Humphreys e Yao (TABELA 6).

Enfim, inúmeras modelagens surgiram a fim de internalizar a teoria adaptativa aos preceitos iniciais de Fanger, afinal elas são complementares e já se tem estipulado que o modelo em vigência, adotado pela ISO, apresenta vieses significativos e que não comporta mais uma avaliação fidedigna de acordo com o atual estado do conhecimento e com a complexidade dos ambientes atuais. Del Ferraro *et al.* (2015) verificou o poder de predição do PMV aplicável ao setor hospitalar, e chegou a constatação que há discrepâncias significativas entre a predição e a real sensação para mulheres, idosos e pacientes. As mulheres e idosos julgaram o ambiente mais severamente, e o modelo PMV mostrou ser um preditor pouco confiável para pacientes.

Tabela 6 - Evolução científica e propostas de atualização para previsão de conforto térmico

AUTOR	ANO	FUNÇÃO
Fanger	1970	$PMV = (0,303 - 0,036M + 0,028)$
Humphreys e Nicol	2002	$D_{PMV-vote} = -4.03 + 0.0949T_{op} + 0.00584(RH\%) + 1.201 (met \times clo) + 0.000838T_{out}^2$
Yao <i>et al.</i>	2009	$PMVa = \frac{PMV}{1 + \lambda \times PMV}$ onde $\lambda_{frio} = -0,125$ e $\lambda_{calor} = 0,293$
Yang <i>et al.</i>	2015	$PMVa = 0.22PMV^2 + 0.45 - 0.1 (4)$
Kim <i>et al.</i>	2015a	$D_{PMV-vote} = -4.369 + 0.005T_{op} + 4044.633(RH\%) + 1.518 (met \times clo) + 0.000271T_{out}^2$ $PMV_{novo} = \alpha (PMV - D_{PMV-vote})$ onde $\alpha = 0.8$ $PMVa = \frac{PMV}{1 + \lambda \times PMV}$ onde $\lambda_{frio} = -1,4$ e $\lambda_{calor} = -5,74$

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: PMV = voto médio predito; T_{op} = temperatura operativa interna; RH = Umidade relativa; Met = taxa metabólica; clo = resistência térmica das vestes; T_{out}^2 = temperatura externa; λ = coeficiente de adaptação.

Portanto, requer-se modelagem para tentar prever o conforto em função das ações adaptativas, assim como em função da interação entre sensação térmica e com outras sensações relativas aos aspectos físicos do ambiente, a fim de prever o comportamento do indivíduo e a probabilidade deste manter-se em uma zona de conforto mesmo em ambientes adversos (HALDI; ROBINSON. 2010). Wong *et al.* (2014) propõem a abordagem bayesiana para atualizar o conhecimento atual sobre o conforto térmico identificando uma distribuição probabilística da sensação térmica real do ocupante.

2.3.2.1.1 Balanço Térmico de Fanger

Segundo Van Gaever *et al.* (2014), o conforto térmico é resultado de um conjunto de fatores mensuráveis - como a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa, velocidade do ar, isolamento térmico e taxa metabólica - como também resultado de sensações

individuais (TABELA 7), analisadas em ambientes termicamente moderados sob a óptica do PMV (*Predicted Mean Vote* – Voto Médio Predito) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied* – Porcentagem Predita de Insatisfeitos).

Tabela 7 - Escala de sensação térmica						
Muito frio	Frio	Levemente frio	Confortável	Levemente quente	Quente	Muito quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

Fonte: Coutinho (2005)

O método desenvolvido por Fanger considera que para se alcançar o conforto, o balanço térmico, temperatura da pele e taxa de sudorese devem estar em equilíbrio e em faixas de valores toleráveis. Uma quarta condição acrescentada por Parsons (2000) é a inexistência de fatores que gerem desconfortos locais. Embora se esteja avançando para uma avaliação mais precisa do ambiente térmico, impulsionado pela identificação de modelos matemáticos, as propriedades individuais do corpo, tais como camada de tecido adiposo, são ainda fatores pouco considerados e um tema a ser desbravado em estudos posteriores.

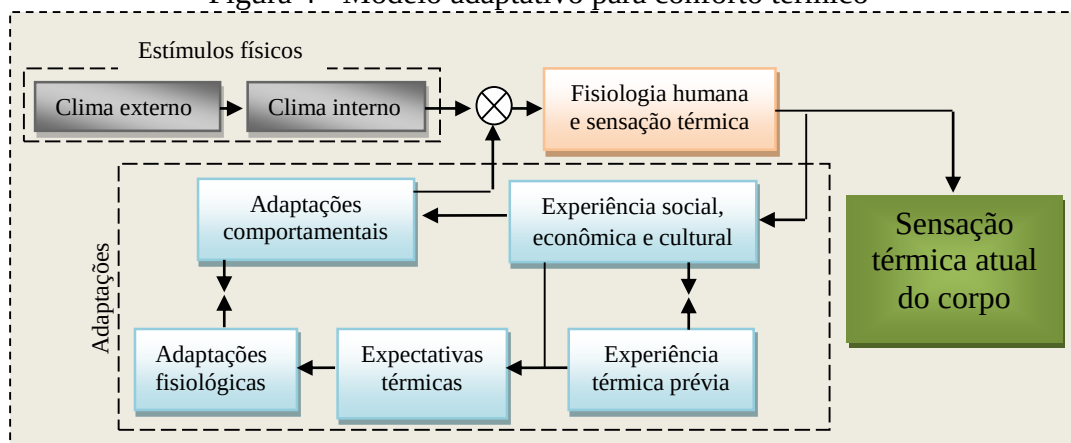
Assim, mesmo sendo a termoneutralidade um requisito básico para se alcançar o conforto térmico, o estado de conforto não se esgota com tal parâmetro, ou seja, o indivíduo com um mecanismo de termorregulação corporal eficaz consequentemente estará em equilíbrio térmico, com exceção de situações extremas, contudo, não necessariamente estará em conforto térmico (COUTINHO, 2005; PARSONS, 2000).

A exemplo, Monteiro *et al.* (2013) mensuraram o stress térmico através de um comparativo entre a temperatura do ambiente e a sensação térmica e identificou que os níveis de temperatura propostos pelas Normas Regulamentadoras Brasileiras e ISO 7730:2005 não garantem o conforto térmico em virtude das características individuais, do trabalho executado e das especificidades do local.

2.3.2.1.2 Abordagem Adaptativa

Embora o atual modelo de avaliação das condições térmicas seja baseada na troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, a nuances relativas a adaptação do indivíduo ao meio, ou seja, “Teoria Adaptativa do Conforto Térmico” (FIGURA 4), tem estimulado pesquisas de estudos de campo voltadas para a qualificação do ambiente térmico tanto de forma objetiva quanto subjetiva (AZIZPOUR *et al.*, 2013; FRONTCHAK; WARGOCKI, 2011; CORGNATI *et al.*, 2007).

Figura 4 - Modelo adaptativo para conforto térmico



Fonte: Yao *et al.* (2009)

Os trabalhos originais sobre o modelo adaptativo do conforto térmico foram publicados por Humphreys e Nicol na década de 70, e a partir de então inúmeras pesquisas foram desenvolvidas. A teoria da adaptabilidade do conforto térmico afirma que as pessoas tendem a se adaptarem às mudanças climáticas ambientais, ou seja, as pessoas procuram formas de manterem-se confortáveis em suas ações rotineiras, isto é realizado inclusive comportamentalmente, seja de forma consciente ou inconsciente (AZIZPOUR *et al.*, 2013; FRONTCHAK; WARGOCKI, 2011; CORGNATI *et al.*, 2007).

Neste sentido, um princípio implícito nos modelos adaptativos é que o controle que o indivíduo possui sobre o ambiente térmico pode determinar seu conforto, satisfação, percepção de bem-estar e adaptabilidade ao meio (DEAR *et al.*, 2013). Hwang *et al.* (2009) afirmaram que a possibilidade de escolher o método de climatização do ambiente contribuiu para o aumento da satisfação em condições térmicas moderadas; Kushairi *et al.* (2015) encontraram resultados semelhantes aplicados a regiões quentes e úmidas.

Os mecanismos adaptativos podem ocorrer sobre o âmbito fisiológico, psicológico e comportamental. Entende-se por adaptação fisiológica a alterações na homeostasia corporal em resposta a um ambiente térmico, no intuito de amenizar ou eliminar o estresse resultante da exposição às condições adversas (BRAGER; DEAR, 1998), sendo a temperatura da pele o indicador mais sensível da resposta fisiológica, o qual resulta de mecanismos diretos ou indiretos de termorregulação (YANG *et al.*, 2015).

Enquanto a adaptação psicológica é caracterizada como uma reação cognitiva baseada em experiências prévias (BRAGER; DEAR, 1998), podendo mostrar-se distinta para ambientes com clima controlado e comparação aos ambientes naturais. A adaptação psicológica tem a capacidade de alterar a sensibilidade térmica do indivíduo para temperatura da pele e o resultado é uma tendência à neutralização da intensidade de sensação térmica. Por esse motivo

atualizações no modo de avaliação do conforto térmico estão sendo sugeridas, vislumbrando identificar discrepâncias na adaptabilidade e aclimação, as quais impactam na forma da percepção do ambiente térmico (YANG *et al.*, 2015).

A migração também é um exemplo de comportamento adaptativo, porém com o desenvolvimento tecnológico e a tendência do ser humano de viver em ambientes artificiais, o fator comportamental torna-se dispensável com vistas em suprir as necessidades fisiológicas (BLATTEIS, 2011; WEISS; LATIES, 1961).

Este comportamento pode agora se manifestar pela modulação do ambiente, chamado de comportamento operante, ou mesmo por funções viscerais, a exemplo das induzidas pela prática de atividade física. Quando o fator comportamental não é utilizado por qualquer motivo mais urgente, há uma sobrecarga autonômica acarretando alto custo energético para manutenção da homeostasia. Assim, o fator comportamental é preponderante para manutenção do conforto térmico e, conseqüentemente, do bem-estar individual (SAMPAIO; VELOSO, 2001).

2.3.2.2 Termorregulação e adaptações fisiológicas

A produção e perda de calor são acontecimentos ininterruptos no organismo que, quando equivalentes, equilibra o sistema de regulação vasomotora resultando em balanço térmico. Esta zona de conforto térmico é variável entre indivíduos, e depende também da quantidade e resistência das roupas, esforço físico da atividade e a temperatura resultante das trocas de calor num intervalo de tempo (COUTINHO, 2005; GUYTON; HALL, 1998).

Assim, o conforto térmico é alcançado quando o corpo não precisa produzir ou perder temperatura corporal e seu metabolismo é mínimo. A termoneutralidade é um mecanismo de adaptação a qual exige um ajustamento fisiológico que só é conseguido com cerca de uma hora de exposição, e é alcançado em uma estreita faixa de temperatura ambiente, que depende, dentre outros fatores, das estações do ano, umidade relativa e velocidade do ar (HWANG *et al.*, 2007; PELLERIN; CANDAS, 2003; NIELSEN *et al.*, 1993).

Porém, quando há desequilíbrio na termorregulação o organismo tenta compensá-lo através de vários mecanismos de adaptação. Dentre estes, especialmente a frequência cardíaca se torna um compensador das variações da temperatura e indicador de estresse térmico, o que acontece como um mecanismo adaptativo para o frio e também para o calor (QUADRO 3) (KROEMER; GRANDJEAN. 2011; GUYTON; HALL, 1998).

Quadro 3 - Mecanismos de termorregulação

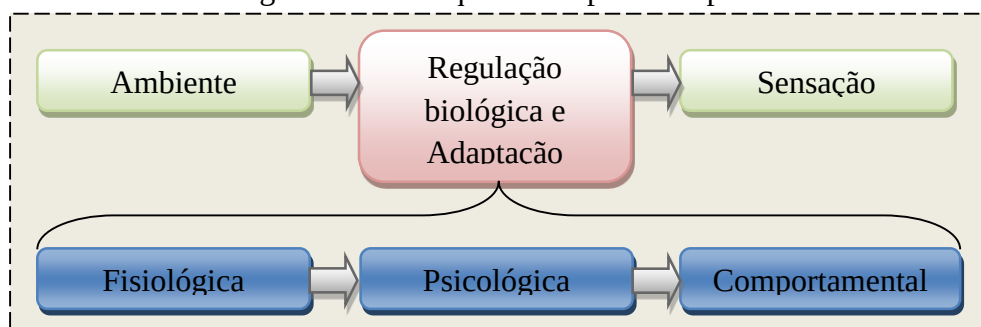
Sensação	Mecanismo de termorregulação	Efeitos
Frio	Vasoconstricção periférica Calafrios Contrações musculares Piloereção Comportamento Aumento do metabolismo	Diminuição do estado de alerta Diminuição da concentração
Calor	Sudorese Vasodilatação Comportamento Inibição metabólica	Cansaço Sonolência Redução do desempenho físico Aumento de erros

Fonte: Baseado em Guyton e Hall (1998); Blatteis (2011)

Assim, a termorregulação é a capacidade de controlar as trocas de calor. Ela é uma característica de animais homeotérmicos graças aos mecanismos autonômicos de *feedback* sensorial realizada por vários órgãos e sistemas corporais de forma harmônica e integrada. O sistema termorregulador é formado por receptores térmicos distribuídos pela pele e tecidos; órgãos efetores, que são responsáveis pelas trocas de calor propriamente dita; e o centro termorregulador, localizado nos centros cerebrais e vias nervosas de condução (BLATTEIS, 2011).

Como foi mencionado anteriormente, as adaptações podem ser realizadas a nível fisiológico, psicológico ou comportamental, com hierarquia mostrada na Figura 5, resultando em sensações que são proporcionais a magnitude das respostas (YAO *et al.*, 2009).

Figura 5 - Hierarquia da resposta adaptativa



Fonte: Baseado em Yao *et al.* (2009)

Ao contrário da temperatura interna que necessita manter níveis térmicos estáveis, a temperatura da superfície corporal variará na tentativa de dissipar ou conservar o calor de acordo com a necessidade. A troca de calor para o ambiente pode ocorrer por vários mecanismos, os quais variam a depender das condições ambientais, isolamento térmico fornecido pelas vestimentas, umidade relativa e taxa de movimentação do ar, especialmente nas trocas por convecção (KROEMER; GRANDJEAN. 2011; SAMPAIO; VELOSO, 2001;

GUYTON; HALL, 1998), tais fatores coadjuvantes para o conforto térmico serão descritos a seguir.

2.3.2.3 Fatores coadjuvantes para sensação térmica

Identificou-se que diversos requisitos físicos do ambiente contribuem para a sensação térmica, dentre eles:

- Umidade: Hwang *et al.* (2007) afirmam que o principal motivo dos indivíduos não estarem inseridos na zona de conforto não foi o controle da temperatura, mais sim o controle da umidade. A diferença da pressão de vapor de água entre o ar próximo e distante da pele, associado como o movimento do ar facilita as trocas de camadas de ar úmido da superfície cutânea ajudando a pele a trocar mais eficientemente o calor.
- Temperatura externa: Ramos *et al.* (2015) conduziram uma investigação pré e pós-ocupação de prédios destinados aos serviços de saúde no município de Chicago (USA) com coletas distribuídos por um ano. Os resultados relevantes sugerem que a temperatura externa não afetou significativamente a temperatura interna.
- Velocidade do ar: A ventilação natural é percebida de forma diferente em comparação à ventilação gerada mecanicamente. Assim, ocupantes de ambientes ventilados naturalmente toleram variações de velocidade do ar e uma gama de temperatura maior em comparação aos edifícios com sistemas de climatização artificial, e isso possivelmente deve-se ao fator adaptativo de controle sobre o ambiente comentado nas seções subsequentes (DEAR *et al.*, 2013). A ventilação natural é preferível à artificial, especialmente pela possibilidade de controle manual sobre a abertura das janelas (FRONTCZAK *et al.*, 2012). Um aumento de velocidade do ar na magnitude de 0,2 m/s facilita a troca de calor por convecção por reduzir a espessura da “camada de ar morto” que cerca o corpo e por isso tem impacto significativo na sensação térmica (KROEMER; GRANDJEAN. 2011; BLATTEIS, 2011).

Tais fatores podem gerar desconforto local e criam um ambiente complexo em termos de avaliação e interpretação da sensação, pois há de se combinar sinais localizados para gerar uma percepção térmica global coerente. A sensação térmica localizada pode determinar a sensação térmica do corpo todo, por exemplo, o mesmo grau de resfriamento do rosto pode gerar sensação agradável caso o restante do corpo esteja aquecido ou neutro, porém pode ainda ser um incomodo caso o corpo já esteja resfriado (DEAR *et al.*, 2013)

Ademais, a zona de conforto térmico é variável de indivíduo para indivíduo, diversa para cada tipo de atividade profissional e energia radiante no local (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012), e pode diferir em função do sexo, idade e estado de saúde. Esses padrões são especialmente ambíguos em serviços de saúde onde as necessidades de conforto diferem significativamente entre paciente e equipe médica. São dois grupos de necessidades distintas. O desafio é oferecer um ambiente térmico que ofereça conforto e potencialize o tratamento do paciente, mas ao mesmo tempo agrade e ajude no desempenho do profissional, tendo em vista que há uma disparidade nestes padrões de percepção de conforto térmico, que segundo Del Ferraro *et al.* (2015), no profissional tende a ser direcionada para sensações mais quentes em comparação ao paciente, o que pode ser explicado pelas diferenças na taxa metabólica, pelo estado não-homeostático e uso farmacológico.

2.3.2.4 Implicações do conforto térmico sobre a saúde e bem-estar

O ambiente térmico repercute sobre o bem-estar, performance e saúde dos profissionais e pacientes, e conseqüentemente sobre a produtividade (KROENER; GRANDJAN, 2011). Para entender o conforto térmico faz-se necessário conhecer como o corpo humano modula a termorregulação corporal, e em instalações de saúde como a UTI, cabe também entender de que forma estes mecanismos adaptativos corporais estão respondendo aos requerimentos ambientais. Isso é necessário na perspectiva de preservar um ambiente propício para os cuidados e recuperação da saúde, já que além dos profissionais, os pacientes também são afetados (HWANG *et al.*, 2007).

Hwang *et al.* (2007) identificaram que o grau de comprometimento físico dos pacientes internos em hospitais teve alto impacto sobre o conforto térmico. Os pacientes necessitaram de faixas de temperatura mais altas do que o restante da população – diferenças de 1,5°C no inverno e 0,8°C no verão, o que pode estar relacionado à taxas metabólicas reduzidas, tanto pelo fato de estarem acamados como também pelo uso de medicamentos que têm efeitos sobre a inibição metabólica, tendo assim exigências de maiores temperaturas ambiente (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012).

Desta maneira, uma temperatura adequada na UTI deve satisfazer os requisitos de conforto do profissional, mas também às especificações técnicas que o ambiente requer para manter o paciente seguro, levando em consideração a multiplicação de micro-organismos e a reação fisiológica do paciente ao ambiente, tendo em vista que a reação é ampliada em decorrência da alteração do estado de homeostasia e conseqüente da regulação das funções corporais adaptativas. Apesar das exigências específicas, existe concordância na literatura sobre

a manutenção de uma temperatura uniforme em todo o ambiente, o que não é comum em ambientes reais (DASCALAKI *et al.*, 2009), ou ainda, a oferta de diferentes zonas térmicas para os diversos requisitos de conforto (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012).

Portanto, pode-se interpretar o conforto térmico como um parâmetro relacionado ao conforto em ambientes construídos, e especialmente relacionado à qualidade, higiene e salubridade para profissionais e pacientes em UTI, afetando as condições de trabalho, saúde, segurança e bem-estar, a depender das condições pessoais, atividade profissional, tipos e números de equipamentos usados neste ambiente.

Ademais, o estado de conforto térmico pode repercutir inclusive sobre o tratamento do paciente hospitalizado, tendo em vista que pode afetar a performance do profissional e consequentemente a tarefa. A sensação térmica neutra otimiza a execução da tarefa por melhoria na performance no trabalho, tendo um coeficiente de relação de 0,944, pode também diminuir o número de erros e favorecer a criatividade (TANABE *et al.*, 2015).

Tanto as características térmicas do ambiente interno, como tais critérios de performance ocupacional podem sofrer influência do tipo e quantidade de iluminação, que serão discutidos nas seções a seguir.

2.3.3 A ILUMINAÇÃO NA UTI

O conforto lumínico é descrito na literatura especializada como uma “condição indispensável” na oferta de um ambiente confortável e seguro (MIGUEL, 2014), o que é apoiado pelas necessidades humanas básicas de conforto visual, desempenho visual e segurança, ditando os requisitos de iluminação necessários ao ambiente (CEN. 2002).

Em instituições de saúde a iluminação é especialmente importante, tendo em vista que os procedimentos executados exigem um maior rigor quanto à atenção e percepção, assim, requer-se níveis lumínicos adequados para que as tarefas sejam executadas com segurança e destreza. Ambientes com índices lumínicos inadequados exigem dos profissionais maiores níveis de atenção e esforço, acarretando um maior dispêndio de energia e consequentemente maior desgaste físico com repercussões sobre a saúde física e mental dos profissionais e também sobre o bem-estar (ROMANI *et al.*, 2013; LOSSO *et al.*, 2013; CHOI *et al.*, 2012). Propiciar conforto visual requer atributos de caráter desde arquitetônicos até fisiológicos e de percepção (GANSLANDT; HOFMAN. 1992), que serão comentados nas seções a seguir.

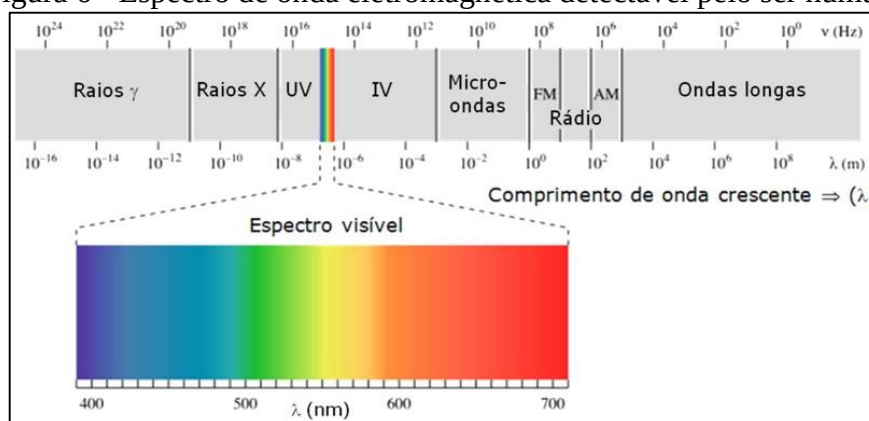
2.3.3.1 Luz e iluminação

As propriedades da luz são estudadas durante séculos, sendo que um dos primeiros marcos na caracterização deste fenômeno foi a teoria formulada por I. Newton, na qual a luz seria um fenômeno produzido pelo movimento das partículas. No entanto, a teoria newtoniana deixava um viés quanto à explicação fenômeno cromático, e por esse motivo foi questionada pelo físico Christiaan Huygens através da formulação da teoria das ondas eletromagnéticas (DRUYAN; SOTER, 2014; COSTA, 2006).

O fenômeno eletromagnético ocorre quando um elétron passa de uma camada eletrônica menos energizada para uma mais energizada, o que o torna instável para retornar à camada anterior e com isso liberar fótons. Assim, tem-se que o movimento das partículas subatômicas libera fótons constantemente. Atualmente, por meio dos experimentos de A. Einstein aceita-se na comunidade científica a unificação dos aspectos quânticos e eletromagnéticos da luz onde a mesma é emitida, transmitida e absorvida tanto em forma de partícula como em forma de onda eletromagnética, o que é apoiado pelo fato de que a nível atômico a matéria apresenta um aspecto dual a depender da situação (COSTA, 2006; GANSLANDT; HOFMAN. 1992).

O olho humano detecta apenas uma pequena parte do espectro de ondas eletromagnéticas, uma faixa que varia entre 400 a 750 nanômetros (nm) (FIGURA 6), com sensibilidade distinta para cada comprimento (IIDA, 2005).

Figura 6 - Espectro de onda eletromagnética detectável pelo ser humano



Fonte: Departamento de Química da UFMG (2015)

Disponível em <<http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/?author=1&paged=2>>

Cada comprimento de onda gera uma cor específica a depender da capacidade de um objeto absorver, refratar ou refletir determinado espectro frente às reações de suas partículas. Por esse motivo, na avaliação do ambiente luminoso, deve-se considerar todo seu entorno

incluindo materiais de revestimento e mobiliário (COSTA, 2006), e a determinação de uma iluminação ideal está relacionado ao tipo de atividade que é executada no local, além de características como necessidade de movimentações rápidas ou manuseio de pequenos objetos (GANSLANDT; HOFMAN. 1992).

A luz pode influenciar na percepção humana, desempenho visual, conforto e acuidade por suas propriedades específicas relacionadas à intensidade e forma de distribuição da iluminação (GANSLANDT; HOFMAN. 1992). Flynn *et al.* (1973, pp.93) foi um dos pioneiros no estudo da influência da iluminação no comportamento humano, afirmando que:

“(...) a iluminação pode ser discutida como um veículo que altera o conteúdo das informações do campo visual, e esta intervenção tem alguns efeitos no comportamento e bem-estar.”

Assim, a avaliação do ambiente luminoso ocorre por critérios quantitativos de exposição, mas também de qualidade. Os aspectos qualitativos são mais difíceis de compreender, pois estão ligados à satisfação do usuário, e está diretamente relacionado aos aspectos fisiológicos, psicológicos, estéticos e culturais, ou seja, são subjetivos (CAVALCANTI, 2003).

Quanto ao aspecto quantitativo, a iluminância é considerada o mensuramento mais específico ao avaliar o ambiente luminoso (IIDA, 2005). Duas de suas propriedades mais relevantes são: (1) Sua avaliação não está necessariamente associada com as propriedades das superfícies do ambiente (2) A iluminância diminui com o quadrado da distância a partir da fonte de luz, segundo a Lei do Inverso do Quadrado (GANSLANDT; HOFMAN. 1992). Além da iluminância, algumas outras grandezas relacionadas à avaliação do ambiente luminoso são descritas no Quadro 4.

Quadro 4 - Termos e unidades relativos à avaliação da iluminação

Termos	Conceito	Unidade
Iluminância	Meio de avaliar a densidade do fluxo luminoso.	Lux (lx)
Luminância	Refere-se ao brilho refletido por uma superfície iluminada. Não depende apenas de níveis de iluminação, mas considera também as propriedades reflexivas e a área projetada sob o plano perpendicular de visão.	Candela por m ² (cd/m ²)
Fluxo luminoso	Total de luz emitida por uma fonte luminosa. O fluxo radiante de 1 W no pico de sensibilidade espectral produz cerca de 683lm.	Lúmen (lm)
Intensidade luminosa	Distribuição espacial do fluxo luminoso.	Candela (cd)

Fonte: Iida (2005); Ganslandt e Hofman (1992)

Em detrimento de características técnicas, a forma como a iluminação é percebida e interpretada é o principal atributo relacionado a como a iluminação afeta a saúde e bem-estar do ocupante. Os processos fisiológicos de interação entre homem e ambiente no que diz respeito a iluminação serão descritos a seguir.

2.3.3.2 O sistema visual na percepção do ambiente luminoso

“A visão não apenas depende da luz, mas da totalidade do espaço percebido pelo indivíduo”.

Costa (2006), pp.33

O ato de enxergar é proporcionado por uma série de processos anatômicos, fisiológicos e adaptativos, gerados a partir dos estímulos ambientais, que por sua vez desencadeiam uma série de estímulos nervosos a serem interpretados pelo cérebro (COSTA, 2006).

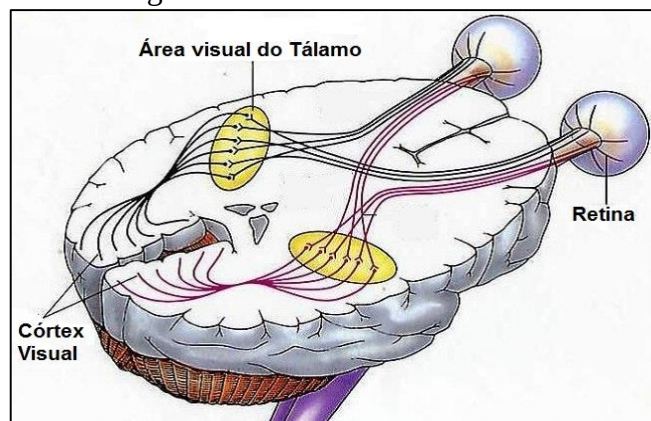
O olho humano, caracterizado por ser apenas um captador do estímulo, possui basicamente três tipos de células fotossensíveis localizadas na retina: (1) Os cones, responsáveis pela visão em cores; (2) Os bastonetes, responsáveis pela visão no escuro; (3) As células ganglionares retinais, que não possuem uma função diretamente relacionada à visão, mais sim à captação sensorial para estimulação dos processos biológicos corporais (VAN BOMMEL, 2005; GUYTON; HALL, 1998).

Os cones são células especialmente importantes para a execução de atividades ocupacionais, são células estritamente direcionadas à visão em ambientes claros e responsáveis mais especificamente pela discriminação de cores. A retina possui três tipos de cones, que se diferenciam pela presença de pigmentos cromáticos, tornando cada tipo de cone seletivamente sensível aos diferentes espectros de luz. Têm-se que cada tipo de cone possui sensibilidade máxima à espectros de onda de 445nm (azul), 535nm (verde) e 570nm (vermelho). A interpretação pelo sistema nervoso central é secundária à quantidade de estimulação de cada tipo de cone, ou seja, se o espectro refletido por um objeto for, por exemplo, de 580nm tem-se 99% de estimulação dos cones vermelhos, 42% dos cones verde e 0% dos cones azuis, resultando na interpretação da cor laranja (GUYTON; HALL, 1998; CARPENTER, 1995).

Antes de chegar ao córtex visual o estímulo captado pela retina ocular percorre um caminho por onde passa em um núcleo específico do tálamo, nomeado “núcleo geniculado lateral”, que seria a área visual no tálamo (FIGURA 7). Há indícios que o tálamo tem um papel predominante na manutenção e regulação do estado de consciência, alerta e atenção, além de

estimular correlatos emocionais que acompanham as experiências sensoriais (CARPENTER, 1995).

Figura 7 - Sistema visual humano



Fonte: Carpenter (1995) (Adaptada)

Logo, pode-se afirmar que as cores do ambiente podem causar efeitos psicológicos, que ocorrem por associação subconsciente, influenciando a percepção visual e o comportamento de indivíduos, já que a percepção por si não fornece uma imagem precisa, pois é influenciada por características subjetivas, experiências prévias e condicionamento cerebral (DALKE *et al.* 2006; KROEMER; GRANDJEAN. 2011).

As células ganglionares retinais foram recentemente descobertas e veem sendo especialmente estudadas por estarem distintamente ligadas à glândula pineal e ao núcleo supraquiasmático cerebral, que por sua vez são responsáveis pela produção de substâncias estimuladoras dos ciclos circadianos, nomeada de “relógio biológico” humano, e também associados aos ciclos reprodutivos (GUYTON; HALL, 1998; CARPENTER, 1995). As células ganglionares são altamente sensíveis às variações na intensidade da luz e onda espectral, quando são estimuladas propagam um impulso para o núcleo cerebral responsável pela produção de melatonina fazendo o ciclo circadiano manter-se estável (BELLIA *et al.*, 2011).

Assim, quando o fluxo luminoso atinge o olho acontece uma reação química envolvendo a excitação das células ganglionares retinais e consequente excitação ou inibição da produção da melatonina (hormônio responsável pela regulação sono/vigília) na glândula pineal, esse mecanismo explica a relação direta entre a iluminação e o ciclo circadiano, podendo apresentar também funções imunológicas e hormonais (VAN BOMMEL, 2005; VAN BOMMEL; VAN DEN BELD, 2004).

Não se sabe ainda exatamente a função da glândula pineal na reprodução humana, contudo, existem indícios de que ela esteja fortemente associada ao impulso sexual e

reprodução (GUYTON; HALL, 1998). Em outras palavras, ao afetar o “relógio biológico” a iluminação pode também influenciar indiretamente no estado de alerta, performance, temperatura do corpo, produção hormonal, memória e cognição (BELLIA *et al.*, 2011; WEBB, 2006).

Quando expostas à luz, as células retinais adaptam-se por meio de uma regulação fotoquímica para possibilitar o ato de enxergar, contudo, a adaptação para ambientes claros e escuros ocorrem em velocidades distintas, a adaptação ao claro é mais rápida, e por isso todas as superfícies em um local devem ter a mesma luminosidade e sem alterações repentinas, pois a reação de adaptação da pupila ocorre de forma lenta, desta maneira, a acuidade visual (capacidade de detectar pequenos detalhes e discriminar pequenos objetos) aumenta proporcionalmente ao nível de iluminamento, atingindo seu máximo em níveis de 1000 lux, alcançado pelo efeito da luz na regulação do diâmetro da pupila (KROEMER; GRANDJEAN, 2011; GUYTON; HALL, 1998).

O diâmetro da pupila pode ainda ser um indicativo da sensação visual resultante da exposição à luz. Choi e Zhu (2014), baseando-se em experimentos, afirmam que as sensações perceptivas estão claramente associadas aos diversos tamanhos de pupila. A sensação neutra é observada quando os indivíduos são expostos a determinados níveis de iluminância a depender do sexo e idade (TABELA 8). Entende-se por sensação neutra a percepção de um indivíduo de estar em um ambiente que não é claro ou escuro. Em ambientes considerados pelos indivíduos como “escuros” teve-se uma variação média no tamanho da pupila de 7,4% em relação ao tamanho de pupila para ambientes neutros, e variação de 5,2% para ambientes considerados “claros”.

Tabela 8 - Faixa de iluminância que oferece sensação neutra

	Mulher	Homem
<25 anos	200-600lx	400-600lx
>25 anos	200-500lx	300-600lx

Fonte: Choi e Zhu (2014) (Adaptado)

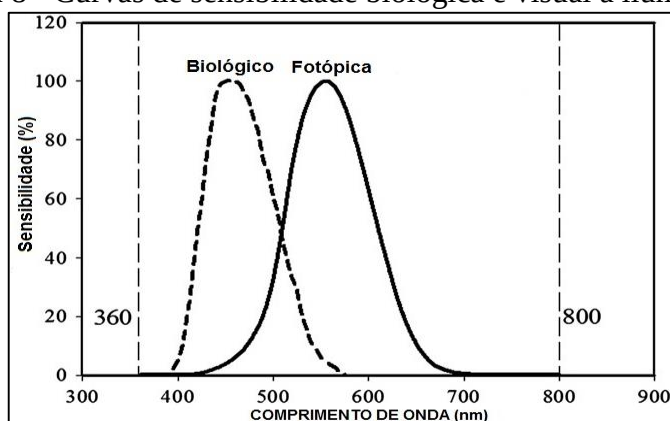
A sensibilidade da retina à efeitos visuais varia a diferentes níveis de luminosidade e também a diferentes comprimentos de onda, e diz respeito à percepção da cor e brilho, sendo que o ponto da máxima sensibilidade para a visão em ambiente bem iluminados ocorre nos comprimentos de onda 554nm e para ambientes com baixa luminosidade no espectro de 507nm, ou seja, a sensibilidade visual ao espectro de onda eletromagnética se distingue entre ambientes bem e mal iluminados. No primeiro caso tem-se a atuação dos cones (visão fotópica) e no segundo caso atuação dos bastonetes (visão escotópica) (BOYCE, 2014; COSTA, 2006). Tal

conceito é importante no entendimento de que o deslocamento repentino de ambientes claros para escuros, ou vice-versa, causa também um deslocamento das necessidades visuais, o que requer um tempo de adaptação, caso contrário causará fadiga visual.

Além da sensibilidade visual tem-se ainda a sensibilidade biológica que igualmente varia a depender dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético, e é baseada nas variações da concentração de melatonina reguladas por estímulos visuais captados pelas células ganglionares retinais (VAN BOMMEL, 2005).

Há uma distinção perceptível entre as curvas de sensibilidade visual e biológica (FIGURA 8) e, além disso, as células ganglionares adaptam suas respostas às variações de intensidade e espectro ao longo de um período muito mais logo em comparação aos cones e bastonetes (ANDERSEN, 2015). O ponto de maior sensibilidade visual está no comprimento de onda próximo à 500nm que corresponde a um espectro de luz verde-amarelo, no entanto o ponto de maior sensibilidade biológica está localizado próximo à 450 nm e corresponde a um espectro de luz azul (BELLIA *et al.* 2011; VAN BOMMEL, 2006).

Figura 8 - Curvas de sensibilidade biológica e visual à iluminação



Fonte: Bellia *et al.* (2011)

Picos de sensibilidade diferente para efeitos visuais e não-visuais sugerem que a otimização da iluminação com vistas aos efeitos fotópicos mediados pela ação dos cones, como nos limiares normativos, não são eficientes para inibir os efeitos nocivos de origem não-visual mediados pelas células ganglionares retinais. Assim, sendo a iluminância um fator de ponderação para o aspecto fotópico da visão, níveis de iluminância adequados não necessariamente previnem os efeitos biológicos nocivos provenientes do ambiente luminoso (WEBB, 2006).

2.3.3.2.1 Propriedades Do Olho Humano

A máxima eficiência do ato de enxergar, por si, requer ainda algumas características básicas em detrimento dos níveis lumínicos do ambiente. Como foi comentado no início do capítulo, apenas as especificidades relativas aos parâmetros quantitativos do ambiente não asseguram o conforto. A seguir serão descritas as propriedades inerentes do olho humano, retratado por Ganslandt e Hofman (1992) como a “câmera” biológica, que são substanciais para a adequada avaliação perceptiva do ambiente luminoso.

a. Acomodação

Relativa ao ajuste na nitidez da visualização de um objeto a diferentes distâncias, que diminui com a idade e é compensada com ajuste no diâmetro da pupila requerendo maior iluminação (COSTA, 2006; GUYTON; HALL, 1998). Quando a iluminação é fraca, a precisão e velocidade da mudança de foco ao olhar objetos a distâncias variadas é afetado, isso ocorre pela contração dos músculos ciliares ao olhar pontos próximos e relaxando ao olhar pontos distantes. A acomodação pode ser beneficiada pelo contraste entre a iluminação do alvo e do fundo (MIGUEL, 2014; CHOI *et al.*, 2012), tendo em vista que o grau de estimulação visual é diretamente proporcional ao gradiente de contraste, ou seja, quanto maior a nitidez do contraste maior a estimulação visual (GUYTON; HALL, 1998).

b. Adaptação

O ajuste do diâmetro da pupila resultante da contração e relaxamento do músculo ciliar é chamado de “adaptação” e é regulado pelos níveis de iluminação do ambiente. A diminuição do diâmetro da pupila, como mecanismo compensatório para potencialização da acomodação em indivíduos idosos, traz prejuízos à “acuidade visual” (COSTA, 2006; GUYTON; HALL, 1998).

c. Acuidade visual

Por sua vez, a boa acuidade visual é assegurada quando o ambiente, especialmente em salas grandes, possui esquema de cores com reflectâncias similares, caso contrário ocorre sobrecarga retinal (KROEMER; GRANDJEAN. 2011; DALKE *et al.* 2006). Ou seja, em ambientes com baixos contrastes é necessário um aumento nos níveis de iluminação sob pena de aumento do tempo de visualização e processamento da imagem pelo sistema visual, tornando a tarefa mais dispendiosa em termos de tempo de execução e produtividade (COSTA, 2006).

d. Campo de visão

É a junção da amplitude de visão do olho direito, esquerdo e binocular. Na vertical o campo de visão do olho humano é em torno de 130° (60° acima e 70° abaixo do plano perpendicular do olho) e dentro do campo visual há um ponto cego que corresponde à saída do nervo ocular, sendo uma área que não possui cones ou bastonetes. O cérebro automaticamente de forma subconsciente preenche esse hiato a partir das experiências prévias (COSTA, 2006).

Estas propriedades são consideradas nas normatizações e podem determinar necessidades individuais direcionando a percepção e satisfação do ocupante, e podem se comportar de forma distinta a depender do tipo de iluminação projetada no setor.

2.3.3.3 Iluminação natural versus iluminação artificial

A iluminação pode ser ofertada a partir de fontes naturais e/ou artificiais, sendo que o em projetos hospitalares o favorecimento da luz natural deve ser preferível, devendo-se considerar que as características e qualidade das fontes naturais de iluminação estão relacionadas ao horário do dia, estação do ano e ponto cardinal em que a UTI está localizada (KNAVE, 1984).

Ademais, os impactos da admissão de um espaço iluminado naturalmente podem ser significativos sobre o conforto térmico proporcionado ao ocupante, sendo influenciado também pela conformação das janelas (ANDERSEN, 2015).

O conforto visual e perceptivo, assim como a manutenção de uma homeostasia fisiológica é favorável em ambientes iluminados naturalmente em detrimento da iluminação artificial (ANDERSEN, 2015). Em corroboração, Cavalcanti (2003) evidenciou que a presença de luz natural contribui significativamente para satisfação do usuário. Assim, tem-se que a satisfação do usuário não depende apenas do cumprimento de níveis mínimos de luminosidade, mas também da forma em que essa iluminação está projetada.

A luz natural é um fator chave para quão bem uma tarefa é executada e um dos princípios para a satisfação dos ocupantes, tem forte impacto sobre a saúde humana e bem-estar e uma estreita relação com a qualidade perceptual de um espaço (ANDERSEN, 2015). Seus efeitos estão ligados à redução do stress e depressão, redução do uso de analgésicos e melhor qualidade do sono e é especialmente associada ao favorecimento de atitudes de motivação e integração do paciente, o que tem efeitos significativos sobre a evolução clínica (LOSSO *et al.*, 2013; THOMPSON *et al.*, 2012).

A exposição à luz natural pode estimular respostas orgânicas através dos efeitos sobre o “relógio biológico”, mediada pela sensibilidade das células retinais ao fluxo radiante de espectro azul, mais comum na luz natural (ANDERSEN, 2015; WEBB, 2006). Ademais, a luz natural contém quantidades significativas de luz infravermelha e ultravioleta, que em dose moderada favorece a inibição da proliferação bacteriana, característica consideravelmente relevante para o setor estudado (BOYCE, 2014).

Choi *et al.* (2012) encontraram relação significativa entre a presença de luz natural e média de permanência na internação hospitalar. Afirma-se que entre os pacientes que receberam incidência de luz natural houve uma média de permanência cerca de 25% menor em comparação ao grupo controle, ou seja, dependendo do tipo de enfermidade, os efeitos psicofisiológicos promovidos pela luz natural podem favorecer a uma aceleração na recuperação.

Contudo, deve-se considerar que apesar de todos os seus benefícios a luz natural é dificilmente controlada e depende quase que completamente de fatores externos. Dispositivos arquitetônicos podem ajudar no manuseio, porém, nem sempre estão disponíveis, em especial na rede pública de saúde. Ademais, constata-se que em ambientes iluminados naturalmente mesmo quando os níveis e iluminância estiveram fora da faixa de valores normativos recomendados, os indivíduos declararam-se satisfeitos com os aspectos lumínicos do ambiente, sendo que as mulheres se sentiram mais satisfeitas em ambientes mais claros enquanto os homens em locais mais escuros (SANTOS, 2009)

Portanto, a iluminação natural é preferível à artificial, embora uma boa parcela das UTIs, cerca de 34% em países europeus, ainda não disponham deste requisito (ESCUADERO *et al.*, 2014). Entretanto, este tipo de iluminação pode interferir nas condições climáticas internas e ser uma fonte de ofuscamento direto ou indireto e interferir na realização das tarefas (KROEMER; GRANDJEAN, 2011), e por isso sua utilização deve ser ponderada em ambientes hospitalares.

2.3.3.4 Repercussões físicas e psicológicas da iluminação

Como visto anteriormente neste capítulo, a iluminação é associada à efeitos diretos e indiretos sobre a saúde física e psicológica. Algumas questões investigadas sobre a iluminação em ambientes hospitalares têm abordado tópicos como:

- I. Relação entre taxas de iluminação e distúrbios de sono (KUDCHADKAR *et al.*, 2014; ELIASSEN; HOPSTOCK, 2011);

- II. Associação entre luminosidade e níveis de contaminação por micro-organismos patogênicos (THOMPSON *et al.*, 2012);
- III. Influência da luz natural na recuperação dos pacientes e tempo de permanência hospitalar (LOSSO *et al.*, 2013; CHOI *et al.*, 2012);
- IV. Impactos da iluminação no desempenho das tarefas (CHOI *et al.*, 2012; BULLOUGH *et al.*, 1996).

Faixas de iluminação fora do recomendado podem afetar a saúde e segurança de pacientes e profissionais em UTIs. Adicionalmente aos efeitos prejudicial de caráter visual, a iluminação captada pelo olho humano tem efeitos não-visuais que se estendem por todo o organismo (VAN BOMMEL, 2005), podendo resultar em fadiga visual, cefaleia, distúrbios do sono e irritação, crescendo a probabilidade da ocorrência de acidentes (TZIAFERI *et al.*, 2011), podendo inclusive influenciar a atividade corticocerebral (SHIN *et al.*, 2014) e contribuindo para o risco de quedas (DREBIT *et al.*, 2010).

Segundo Losso *et al.* (2013), o desconforto visual está relacionado com ambientes com alta luminosidade, enquanto distúrbios nos ritmos biológicos, stress e altas taxas de ocorrência de erros e de acidentes seriam decorrentes de baixos índices lumínicos; tendo em vista que a velocidade da percepção, ou seja, a velocidade do processamento cerebral consciente aumenta com a melhoria da iluminação (KROEMER; GRANDJEAN. 2011). Verceles *et al.* (2013) estudaram a relação entre níveis lumínicos e o tempo de internação, taxa de mortalidade e uso de sedativos em UTIs. Em suas pesquisas, dentre os sedativos avaliados, o uso do Fentanil aumentou em ambientes que apresentaram níveis lumínicos superiores a 500 lux.

Portanto, para o conforto visual as seguintes condições devem ser satisfeitas: níveis de iluminância adequados, equilíbrio e uniformidade espacial da iluminação e eliminação do ofuscamento, além dos requisitos fisiológicos já elucidados (KROEMER; GRANDJEAN, 2011).

Entende-se que além das vantagens referentes à saúde e bem-estar para os trabalhadores, o nível de iluminação adequada afeta o desempenho, produtividade e taxa de erros (VAN BOMMEL, 2006; VAN BOMMEL; VAN DEN BELD, 2004), e consequentemente os lucros da empresa.

2.3.4 A QUALIDADE DO AR NA UTI

Desde a década de 90, muitas pesquisas são publicadas sobre os resultados da exposição à poluição atmosférica a curto prazo, e seus resultados mostram que elevações na concentração de partículas suspensas no ar, por um período de um ou poucos dias, podem ser

responsáveis por incrementos na morbimortalidade da população exposta (POPE III; DOCKERY, 2006).

Nesta perspectiva, e sabendo que as condições atmosféricas em que o trabalho é realizado são fundamentais para o equilíbrio entre a saúde e produtividade, a qualidade do ar desempenha um papel importante à medida que pode influenciar diretamente na saúde, bem-estar, na execução da tarefa e na capacidade laboral do profissional (MÁSCULO; OLIVEIRA, 2013; LUZ *et al.*, 2013).

Assim, sendo a UTI um setor destinado para o tratamento e cuidado de pacientes gravemente enfermos, em um ambiente onde é disponibilizado tecnologias e recursos humanos para sua assistência contínua e integral, a configuração do setor torna-se crítica sob a ótica atmosférica (MIRANDA; STANCATO, 2008; STUCKE; MENZEL, 2007; LEITE; VILA, 2005), oferecendo uma vulnerabilidade adicional para os profissionais, e especialmente para os pacientes.

2.3.4.1 *Trajetória e contexto atual*

O conhecimento científico sobre os efeitos da qualidade do ar e do seu impacto na saúde aumentou exponencialmente a partir da primeira edição das Diretrizes de Qualidade do Ar, publicadas em 1987 pela Organização Mundial da Saúde (WHO). A preocupação com qualidade do ar em ambientes construídos surgiu simultaneamente à tendência de se construírem edifícios fechados, seja por motivos estéticos ou ainda na tentativa de preservar a climatização e isolamento acústico, trazendo problemas atmosféricos, especialmente em UTIs por possuírem ambiente fechado e de pouca iluminação natural; susceptível à propagação de microrganismos patógenos. Tais características, quando associadas, podem levar às repercussões sobre a saúde dos profissionais e usuários (LIMA JUNIOR *et al.*, 2009; WHO, 2009).

Assim, uma qualidade do ar aceitável é necessária para preservação da saúde, conforto e desempenho dos trabalhadores. Tal propriedade é influenciada por diversos fatores dentre os quais: concentração e composição de partículas em suspensão no ar; taxa de vazão e renovação do ar; umidade relativa; sazonalidade; tipo de sistemas de condicionamento do ar; tipo de material de revestimento das salas; nível de ocupação; dentre outros (MÁSCULO; OLIVEIRA, 2013; BAKKE; ARAUJO, 2013; WOLKOFF *et al.*, 2006).

Qualidade do ar aceitável foi definida pela ASHRAE (2007) como sendo o ar em que seja mantido níveis de contaminantes nocivos dentro dos limiares estabelecidos pelos órgãos

regulamentadores, e em que a maioria da população exposta (80% ou mais) possa relatar satisfação.

Vários estudos têm sido conduzidos para identificar os componentes em suspensão aérea que trazem prejuízos à saúde humana, assim como, quantificar um limiar de exposição aceitável tendo em vista que os efeitos à saúde são diretamente proporcionais à dose de exposição. Estes estudos adotam uma linha de investigação que relaciona a qualidade do ar percebida, sintomas de saúde e dados amostrais coletados em campo (MELIKOV; KACZMARCZYK, 2012; WAN *et al.*, 2011; WHO, 2009).

Além disto, particularidades referentes às características do prédio são também parâmetros influentes sobre a qualidade do ar. As características espaciais tem influência significativa sobre a quantidade de microorganismos, temperatura e umidade (MENDES *et al.*, 2015). A concentração de partículas do ar externo contribui com os parâmetros internos mesmo em ambientes com ventilação artificial, assim, em ambientes naturalmente ventilados a contribuição do ambiente externo é comparativamente superior tendo mais alta concentração de poluentes (LOMBOY *et al.*, 2015).

Associadamente, o modo como a ventilação é realizada pode prejudicar o conforto e favorecer a transmissão de infecções para pacientes e equipe assistencial. Sistemas de ar condicionado central podem conduzir contaminação de uma sala para outra, enquanto a presença de divisórias pode prejudicar a captação do ar para filtragem. Além disto, o fluxo de ar, assim como a quantidade de partículas suspensas no ambiente, podem aumentar a dispersão de microrganismos causadores de infecções, ofertando um ambiente com baixa qualidade atmosférica e alto risco, não apenas para a saúde dos pacientes, mas também para os profissionais (VAN GAEVER *et al.*, 2014; MENDES, 2015; YAU *et al.*, 2011).

Jung *et al.* (2015) afirmam que em ambientes hospitalares os tipos de sistemas de condicionamento do ar foram determinantes para a concentração e padrões de variação de partículas de matéria de 2,5 (PM_{2,5}) e 10 (PM₁₀) micrometros (µm), concentração de fungos e níveis de monóxido de carbono (CO). Os dados mostraram que os níveis de CO foram significativamente mais altos em hospitais com ar condicionado central, enquanto a concentração das PM e fungos foram mais altas em ambientes hospitalares com ventilação natural ou ar condicionado tipo *split*. Ademais, o tipo de condicionador de ar teve influência significativa na diferença entre a concentração de poluentes internos e externos. Ambientes ventilados naturalmente ou com ar condicionado tipo *split* tiveram um índice de correlação de concentração de PM interno e externo de até 0,97, enquanto que para ambiente com ar

condicionado central essa relação foi de 0,41. Veja-se que o tipo de condicionamento de ar influir na remoção dos poluentes.

2.3.4.2 Meios de interação entre atmosfera e organismo

A principal via de exposição para os poluentes aéreos é a inalação (WHO, 2004), embora a pele também possa ser afetada diretamente (KRUTMANN *et al.*, 2014). Logo, faz-se necessário identificar características e propriedades relativas ao sistema respiratório, que serão necessárias para o entendimento das interações do corpo com os poluentes aéreos.

O sistema respiratório tem uma função primordial de sobrevivência, por manter as trocas gasosas e renovar continuamente o ar nas áreas pulmonares de troca. Isso é feito por uma complexa estrutura de ductos, parênquima e componentes circulatórios, de maneira que o ar seja distribuído pelos pulmões por um complexo de tubos com diâmetro decrescente e com paredes formadas basicamente por mucosas e músculo liso (RAFF; LEVITZKY, 2012; GUYTON; HALL, 1998). Para fins práticos divide-se o sistema respiratório em: (1) vias aéreas superiores, composto por fossas nasais, faringe laringe e parte superior da traqueia; (2) vias aéreas inferiores, composta por traqueia, brônquios, bronquíolos e ácinos (COSTANZO, 2014; SILVEIRA, 2005).

O sistema respiratório possui uma série de mecanismos de defesa que o protegem contra agressões ambientais, mediado pela atividade ciliar, ação do muco, ação fagocitária e ação imunológica. Inicialmente, o ar é filtrado através dos pêlos na entrada do nariz retirando do ar grandes partículas, e a turbulência causada pela passagem do ar nas estruturas das narinas faz com que outra boa parte das partículas inaladas sejam filtradas, e além disto, toda a via respiratória, do nariz até os ductos alveolares, é revestida por uma camada de muco, que além de manter a superfície úmida também tem a capacidade de reter partículas, impedindo-as de penetrar mais profundamente nas vias respiratórias (COSTANZO, 2014; GUYTON; HALL, 1998).

As partículas que por ventura passem pelo sistema de proteção inicial, ou seja, as partículas de menor diâmetro, serão identificadas pelo organismo e a proteção será realizada por ação fagocitária e imunidade humoral e celular, que em grande escala ou ativadas de maneira crônica deixam resquícios aos tecidos biológicos decorrentes do “lixo metabólico”, e a depender da natureza da partícula, pode nunca ser depurada causando processos inflamatórios e/ou infecciosos recorrentes (COSTANZO, 2014; RAFF; LEVITZKY, 2012). Portanto, o sistema respiratório é vulnerável à exposição aos componentes respiratórios, especialmente à microcomponentes, que podem gerar danos que se estendem a todo o organismo.

2.3.4.3 Os compostos aéreos e seus efeitos sobre a saúde

Embora o que venha chamar a atenção dos profissionais seja a irritação e desconforto momentâneo provocado por compostos dispersos no ambiente, é importante identificar os efeitos a curto, médio e longo prazo sobre a saúde e bem-estar. O Quadro 5 identifica alguns dos compostos que oferecem risco à saúde, assim como os efeitos conhecidos.

Podemos assim, segundo Mc Dowall (2007), classificar os contaminantes quanto aos seus efeitos sobre o organismo, a saber: (1) Fatal a curto prazo, provenientes de substâncias químicas no ar, tais como monóxido de carbono; (2) Cancerígeno; (3) Ameaçador a saúde, ou seja, embora não seja fatal a curto prazo pode causar irritações cutâneas e/ou respiratórias, tais como alguns gases combustíveis; (4) Com impacto na produtividade e sensação de conforto. As PMs agrupam-se nas duas últimas classificações.

Quadro 5 - Poluentes do ar interno comumente investigados e seus efeitos à saúde

POLUENTE	EFEITOS À SAÚDE
GASES COMBUSTÍVEIS	
Monóxido de carbono	Dor de cabeça; sonolência; confusão; morte
Dióxido de Carbono	Dor de cabeça; sonolência; confusão; asfixia
Oxido nítrico	Irritação da membrana mucosa
Ozônio	Irritação da membrana mucosa
Dióxido de enxofre	Irritação da membrana mucosa
COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS	
Benzeno	Irritação da membrana mucosa; carcinogênico
Formaldeído	Irritação da membrana mucosa; possível carcinogênico
Tolueno	Irritação da membrana mucosa; carcinogênico
Estireno	Irritação da membrana mucosa; carcinogênico
Continuação	
FIBRAS AÉREAS	
Amianto	Carcinogênico
Fibras de Pó de vidro	Irritação da membrana mucosa e pele

Fonte: Hedge (2005) (Adaptado)

Em decorrência das múltiplas fontes de exposição, alguns ambientes estão sendo considerados excessivamente insalubres e seus usuários podem experimentar um estado doentio transitórios, com relatos de dor de cabeça, irritação nos olhos, pele e vias aéreas superiores, congestão nasal e letargia, denominado de “Síndrome do Edifício Doente” decorrente da exposição à agentes biológicos, tais como fungos e bactérias, mas também à material particulado não-biológico (HUISMAN *et al.*, 2012; WOLKOFF *et al.*, 2006; GODISH, 2005).

O tipo e manutenção inadequada das centrais de climatização, idade do prédio, temperatura da sala, presença de eletricidade estática e de compostos orgânicos voláteis em ambientes com alto intercâmbio de pessoas, a exemplo de instituições de saúde, podem ser as origens do problema, tendo efeitos sobre a produtividade e absenteísmo (HUISMAN *et al.*,

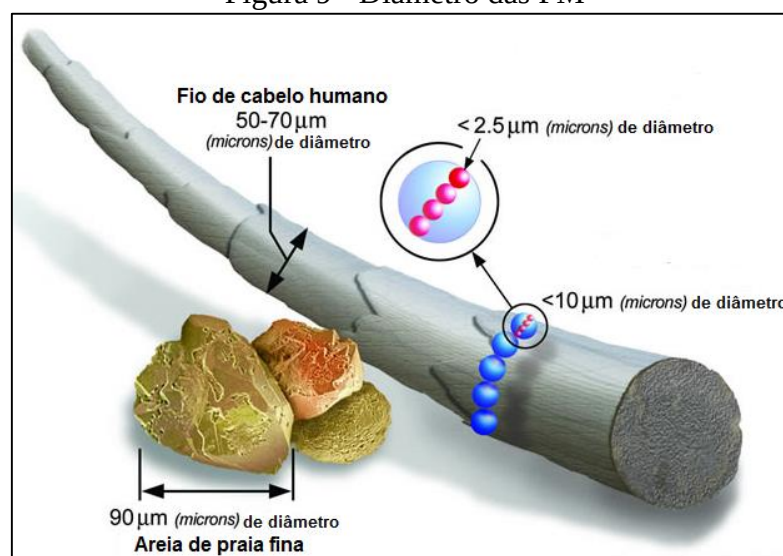
2012; WOLKOFF *et al.*, 2006), sendo que cada componente pode ser distinto em apresentação e em efeitos sobre o ser humano, como será apresentado a seguir.

2.3.4.3.1 Material Particulado Suspenso

O material particulado suspenso (*Particulate Matter* – PM) consiste em uma mistura heterogênea de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar que variam em tamanho e composição química. A PM é um indicador chave da poluição de um ambiente, e seus constituintes químicos são diversos podendo incluir nitratos, sulfatos, carbono, compostos orgânicos (tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos), compostos biológicos e metais (KIM *et al.*, 2015b; WHO, 2013). Lomboy *et al.* (2015) verificaram a associação entre as PMs e metais pesados como mercúrio e chumbo em ambiente hospitalar, sendo que o metal mais abundante foi o enxofre.

O material particulado suspenso é uma fonte potente de poluição aérea em todo o mundo e pode trazer riscos à saúde a depender do seu diâmetro (FIGURA 9), densidade e reatividade química, mediada também pela posição relativa do ocupante e taxa de renovação do ar. O diâmetro da partícula - medida em microns (μm) - afeta a taxa de deposição, assim, partículas suficientemente pequenas conseguem permanecer suspensas e podem seguir as correntes de ar chegando às vias aéreas e causar irritação ou podem ainda serem inaladas e se depositarem nos pulmões resultando em sérios problemas sistêmicos (ZHAO; WU, 2009; GAO; NIU, 2007; ZHAO; WU, 2007).

Figura 9 - Diâmetro das PM



Fonte: Environmental Protection Agency (EPA) (2012)
Disponível em: <http://www.epa.gov/pm/basic.html>

As PMs podem provir de fontes naturais, como decomposição de materiais, emissões vulcânicas ou incêndios, ou ainda de atividades antrópicas, como as provindas de processos industriais ou emissões veiculares (WHO, 2013; USA, 2011). Em ambientes fechados, e especialmente com sistemas de ventilação mecânica, a contaminação aérea por fontes antropogênicas são mais preponderantes. As atividades humanas, agentes de limpeza, dispositivos tecnológicos e sistemas de ar-condicionado afetam significativamente a composição do ar interno (LOMBOY *et al.*, 2015).

Estudos epidemiológicos e experimentais têm mostrado que não há uma equivalência em termos de toxicidade para todos os diâmetros de partículas, porém, postula-se que as PMs menores têm um teor de acidez elevado, além de uma maior capacidade de absorção pelo organismo, e por isso podem ser tornar mais deletérias (KIM *et al.*, 2015b).

As pesquisas subdividem as investigações de acordo com o diâmetro das PM e consequente capacidade de deposição nas vias aéreas humanas e no ambiente, o que permite, entre outros fatores, indicar os possíveis efeitos das PMs sobre a saúde, potencial contaminante e índices de qualidade do ar (TABELA 9) (ANDERSON *et al.* 2012; MOLHAVE *et al.*, 2009; MILLER *et al.*, 2007).

Tabela 9 - Índices de qualidade do ar para PM

QUALIDADE DO AR	PM _{2,5}	PM ₁₀
<i>Environmental Protection Agency</i>	35 µg/m ³ *	150 µg/m ³ *
WHO	25 µg/m ³ *	50 µg/m ³ *
ANVISA	80 µg/m ³ **	

Fonte: *Environmental Protection Agency* (EPA) (2012);
WHO (2013); ANVISA (2003)
Legenda: * média para 24horas **acumulado

Pope e Dockery (2006) elucidam seis linhas de investigação que são abordadas nas pesquisas de qualidade do ar, dentre as quais: (1) Efeitos da exposição a curto prazo; (2) Efeitos da exposição a longo prazo; (3) Séries temporais; (3) Forma da função exposição-resposta; (5) Impactos das PMs na função cardiovascular; (3) Respostas fisiológicas à exposição.

A concentração de PM é geralmente medida por métodos de amostragem instrumental utilizando a concentração de partículas no ar e podendo ser identificadas como PM inaláveis ($\leq 10\mu\text{m}$) ou ainda PM respiráveis ($\leq 2,5\mu\text{m}$) (MOLHAVE *et al.*, 2009; GODISH, 2005). As PMs com diâmetros $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀) têm um potencial baixo de suspensão e são facilmente filtradas pelas vias aéreas superiores (TABELA 10). No entanto, as PMs com diâmetro de $\leq 2,5\mu\text{m}$ (PM_{2,5}), classificadas como partículas ultrafinas, podem ultrapassar a barreira de filtração nas narinas e chegar às vias pulmonares desencadeando efeitos adversos

(ANDERSON *et al.* 2012; MOLHAVE *et al.*, 2009; MILLER *et al.*, 2007). A diferença entre a concentração de PM_{10} e $PM_{2,5}$ é um indicador para a quantidade de partículas grossas que ficam depositadas a nível torácico (POPE III; DOCKERY, 2006).

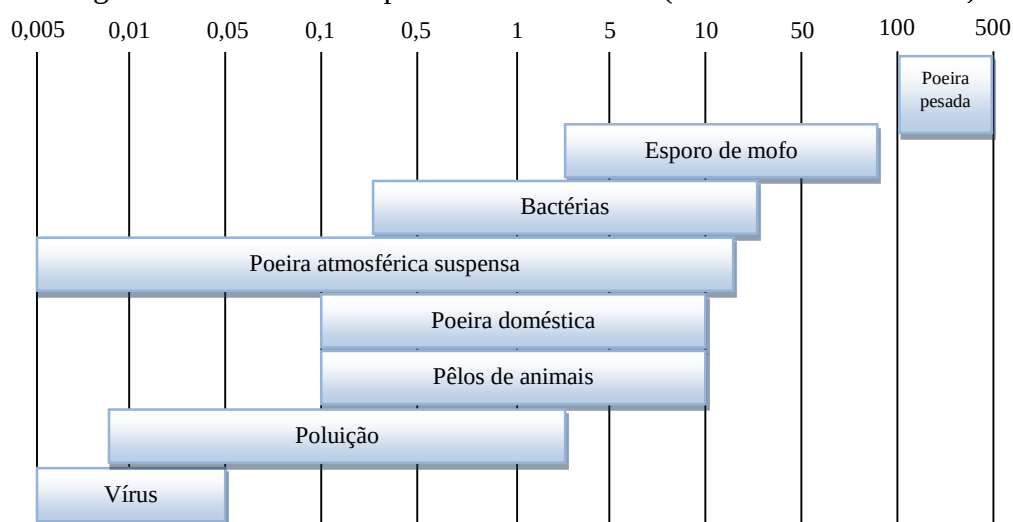
Tabela 10 - Fração inalável e respirável de PM totais em suspensão no ar

Diâmetro da PM (μm)	Fração inalável	Fração respirável
1	97%	97%
2	94%	91%
5	87%	30%
10	77%	1%

Fonte: Miguel (2014) (Adaptado)

As políticas públicas de saúde têm focado na avaliação das $PM_{2,5}$ e PM_{10} como indicadores de um ambiente propício (POPE III; DOCKERY, 2006), contudo, além da capacidade de filtração, para determinar os efeitos deletérios das PMs na saúde, é necessário identificar a natureza da partícula. Da mesma maneira, isso pode ser feito a partir do diâmetro da partícula, tendo em vista que o diâmetro pode sugerir sua composição e possíveis fontes com base na faixa de variação das PM encontradas no ambiente (MC DOWALL, 2007). A Figura 10 indica a faixa de diâmetros de algumas partículas conhecidas; assim, pode-se supor que aquelas PMs com diâmetro de $0,005\mu m$ no ambiente possam ter composição viral.

Figura 10 - Diâmetro da partícula em microns (milionésimos de metro)



Fonte: McDowall (2007) (Adaptado)

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2015) estima que a exposição à $PM_{2,5}$ contribui com aproximadamente 3,7 milhões de mortes todos os anos. Existem fortes indícios da correlação entre o diâmetro das PM e a ocorrência de distúrbios cardiovasculares, pulmonares e, em menor escala, cerebrovasculares, assim como, reações alérgicas, tais como olhos secos, irritações de nariz e pele, tosse, espirros, dificuldades respiratórias e, inclusive,

envelhecimento precoce (HARRIS *et al.*, 2014; KRUTMANN *et al.*, 2014; STRICKLAND *et al.*, 2010; SULLIVAN *et al.*, 2007).

Os efeitos à saúde seriam mediados por uma resposta inflamatória sistêmica à exposição, podendo levar aos efeitos colaterais decorrentes das reações imunológicas. A concentração de PM_{2,5} e PM₁₀ estaria significativamente relacionada aos biomarcadores como proteína c-reativa (indicador extremamente sensível à inflamação), contagem de leucócitos, monócitos, linfócitos e eosinófilos (células sanguíneas), com potentes efeitos especialmente sobre o sistema cardiovascular e respiratório.(KAROTTKI *et al.*, 2014).

A interação partícula-organismo deve-se às reações inflamatórias e oxidativas decorrentes composição química, a medida que a inalação de PM é capaz de estimular a produção de citocinas pró-inflamatórias, perda da integridade celular, alteração no metabolismo mitocondrial, necrose, redução da mitose e indução da apoptose celular (CACHON *et al.*, 2014). O estresse oxidativo provoca inflamação adicional e consequente aumento na quantidade de coaguladores no sangue, resultando em aterosclerose (placas de resíduos biológicos presas na luz do vaso) e eventuais complicações trombóticas (POPE III; DOCKERY, 2006).

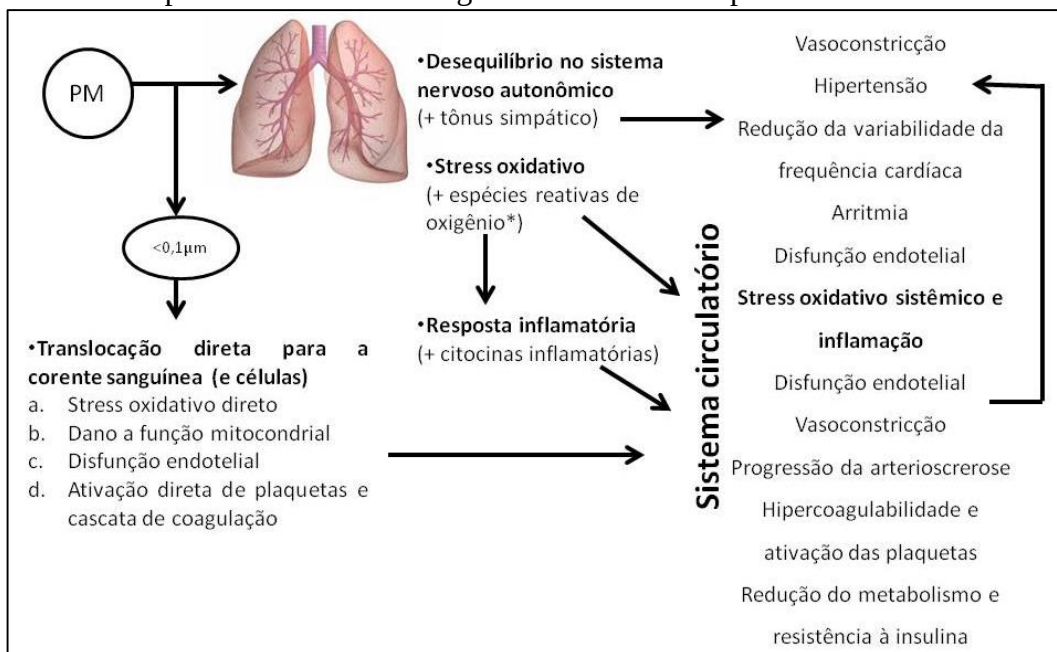
A cascata de efeitos da exposição às PMs sobre o sistema respiratório é proporcionada por uma atuação direta da PM na célula pulmonar. Quando as PMs atingem o tecido pulmonar as células identificam-na como uma invasora, iniciando mecanismos fisiológicos do sistema imunitário para que a PM possa ser eliminada, contudo, a eliminação das PMs muitas vezes não é possível fazendo com que resquícios da atividade imunitária proporcionem inflamação e fibrose localizada (COSTANZO, 2014).

Quanto ao sistema cardiovascular, existem vários mecanismos estimulados pela exposição às PM que podem desencadear distúrbios, dentre eles: (1) Indução de estresse oxidativo e inflamação a nível pulmonar, com dissipação da resposta inflamatória para nível sistêmico, e consequente promoção de danos vasculares; (2) Estimulação das terminações nervosas autonômicas pulmonares e receptores e do tônus simpático e, assim, favorecendo mecanismos para doenças cardiovasculares; (3) Translocação de partículas ultrafinas (<0,1µm) para o fluxo de sangue, interagindo diretamente com as células endoteliais e plaquetas, com efeitos potencialmente nocivos sobre a vasculatura e homeostasia (FRANKLIN *et al.*, 2015; MARTINELLI *et al.*, 2013). A Figura 11 expõe esquematicamente os mecanismos.

Vários caminhos fisiopatológicos têm sido explorados na literatura especializada, contudo, demonstrou-se que não há uma ligação direta e clara entre um mecanismo isolado e os efeitos sobre a saúde. Múltiplos caminhos com complexas interações e interdependências

estão envolvidos, incluindo alterações vasculares, translocação de partículas, respostas imunológicas e hipoxêmicas (POPE III; DOCKERY, 2006).

Figura 11 - Principais mecanismos biológicos desencadeados pelas PM a nível cardiovascular



Fonte: Baseado em Martinelli *et al.* (2013)

*Compostos químicos resultantes da ativação ou redução do oxigênio molecular

As elevações na concentração de PM a curto prazo estão associadas com liberações de marcadores inflamatórios e vasoconstrição arterial, resultando em acréscimos no número eventos isquêmicos (POPE III; DOCKERY, 2006). Estudos evidenciaram que cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ no ambiente houve uma ampliação de 24% na ocorrência de eventos cardiovasculares, 67% na mortalidade cardiovascular e 9% de risco para hospitalizações por bronquites em crianças; O mesmo incremento de PM_{10} , mesmo que por curto prazo, gerou 0,8% a mais de chances de nas admissões hospitalares por edema agudo de pulmão (HARRIS *et al.*, 2014; STRICKLAND *et al.*, 2010; SULLIVAN *et al.*, 2007; MILLER *et al.*, 2007).

Lu *et al.* (2015) avaliaram os efeitos a curto prazo da exposição à PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ na morbimortalidade da população chinesa, e identificaram que acréscimos na concentração de PM_{10} resultaram em um risco adicional de 0,36% na mortalidade por causas cardiovasculares e de 0,42% por causas respiratórias, enquanto o mesmo acréscimo na concentração de $\text{PM}_{2,5}$ resultou em um risco adicional de 0,63% de mortalidade por causas cardiovasculares e de 0,75% por causas respiratórias. A exposição às partículas menores mostra-se mais lesiva em termos de mortalidade a curto prazo, podendo ter maior impacto na saúde. Em projeção a longo prazo, estimou-se que um acréscimo de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} corresponde à 23-67% de acréscimo no risco de mortalidade (CONTI *et al.*, 2015).

Bernstein *et al.* (2008) indicam uma forte relação entre a exposição às PMs finas e a ocorrência de doenças respiratórias como a pneumonia e a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), podendo, segundo Conti *et al.* (2015), ocorrer com mais frequência em estações quentes e em casos de consumo medicamentoso.

A associação entre a concentração de PM e doenças pulmonares pode também ser forte para tamanhos de partículas maiores. A PM₁₀ foi significativamente relacionada com a ocorrência de admissões hospitalares por DPOC e pneumonia, neste último caso, tendo impacto superior comparado às partículas finas como a PM_{2,5} (FRANCK *et al.*, 2015).

Em estudo similar na população francesa, onde foi observado os efeitos a curto prazo da exposição à PM, identificou-se que para cada 10µg/m³ de aumento de concentração de PM₁₀ no ambiente houve um concomitante aumento de 0,9% na mortalidade por causas cerebrovasculares, e para cada incremento de 10µg/m³ de PM_{2,5} houve um acréscimo de 0,3% e 5,5% na mortalidade por causas cardiovasculares e cerebrovasculares, respectivamente (PASCAL *et al.*, 2014).

Na população inglesa, identificou-se que uma redução de 9,77% na concentração média de partículas, ocorrida entre o ano de 2005 e 2012, resultou em um concomitante decréscimo anual de 3,5% no número de mortes de causas pulmonares (PIRANI *et al.*, 2015).

Ademais, foi observado que o maior impacto sobre a mortalidade, mediada pela exposição às PMs de qualquer diâmetro, é encontrada durante o verão (PASCAL *et al.*, 2014), estação em que concentração de todos os poluentes aéreos, inclusive das PMs, são maiores (RAMALHO *et al.*, 2015), aumentando a probabilidade de desenvolver enfermidades por repercussão de múltiplos componentes aéreos.

Porém, mesmo quando os níveis de concentração de PM estão adequados, segundo as normatizações, melhorias na qualidade do ar podem trazer benefícios à saúde da coletividade, especialmente pelo fato de existir copoluentes agregados às partículas e que trazem malefícios adicionais, mostrando que a relação exposição-resposta é linear (POPE III; DOCKERY, 2006).

As PMs são identificadas como um meio eficiente para propagação de micro-organismos patógenos, que quando carregados juntamente às PMs tem maior poder de dispersão (FRANCK *et al.*, 2015; EAMES *et al.*, 2009; BERNSTEIN *et al.*, 2008). Nesse sentido, as concentrações de PM suspensas podem ser propostas como um índice para contaminação microbiológica, podendo agregar bactérias multirresistentes em diversos diâmetros de PM a limiares acima dos recomendados pela WHO (WAN *et al.*, 2011).

Portanto, o controle da exposição à PM torna-se uma questão de saúde pública, dado que uma qualidade do ar satisfatória pode reduzir 2.810 mortes prematuras, 951 novos casos de

bronquite crônica e 31.810 casos e internação hospitalar em cidades como Taiyuan-China (TANG *et al.*, 2014), entretanto, não existe um consenso na literatura sobre os níveis de exposição e o tipo de PM que tem maior potencial deletério.

2.3.4.3.2 Poluentes Químicos Aéreos

Os compostos químicos, segundo Dascalaki *et al.* (2009), correspondem a 54% dos compostos aéreos encontrados em ambientes hospitalares. Para Bakó-Biró *et al.* (2004) a taxa de poluentes aéreos é mediada pelo acréscimo nos últimos anos da introdução no ambiente de trabalho de um grande número de aparato tecnológico. Seus trabalhos indicam que a qualidade do ar percebida foi significativamente mais baixa em ambientes com maior número de computadores em decorrência das emissões químicas produzidas.

A presença de dispositivos eletrônicos triplicou a taxa de insatisfeitos, decresceu o desempenho dos trabalhadores em 9% e também aumentou a carga de poluição mensurada, em especial os compostos químicos Fenol e Tolueno, que segundo Hedge (2005), podem desencadear o surgimento de células cancerígenas.

Em ambientes hospitalares, Dascalaki *et al.* (2009) detectaram altos valores de formaldeído ($288\mu\text{g}/\text{m}^3$) usado para desinfecção e esterilização. Tal químico pode se dissipar pelo ambiente com alto potencial tóxico fortemente associado às alergias, afecções do sistema respiratório e neoplasias malignas. Le Moual *et al.* (2013) afirmam que a emissão de formaldeído decorrente da limpeza hospitalar traz um alto risco para saúde dos profissionais. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2010) recomenda que os níveis de formaldeído sejam limitados a níveis de concentração abaixo de $0,1\text{ mg}/\text{m}^3$ a fim de evitar irritação sensorial dos olhos nos seres humanos, contudo, existe divergências quanto a estes valores. Segundo o Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde (NIOSH, 1994) os limites de tolerância seriam $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, a Gerência de Saúde e Segurança no Trabalho (OSHA, 2005) estabelece como tolerância $930\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor muito aquém do anterior sendo ambos para um período de oito horas de exposição/dia.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) regulamenta os limiares de exposição dos compostos químicos (TABELA 11), contudo, o controle torna-se difícil tendo em vista que o manuseio dos químicos é feito por pessoal, em muitos casos, não treinado. Sousa *et al.* (2011) investigaram a associação entre o formaldeído e acetaldeído no risco de ocorrência de câncer. Seus resultados indicaram que em todos os ambientes hospitalares pesquisados foram encontrados estes compostos em níveis superiores aos

normativamente recomendados, chegando a valores de $149\mu\text{g}/\text{m}^3$, e um risco de ocorrência de câncer de 12 a 18%.

Tabela 11 - Limiares aceitáveis de componentes químicos no ar

Componentes	Valores máximos
Partículas respiráveis $<10\mu\text{m}$	$80\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fenol	$15\text{mg}/\text{m}^3$
Formaldeído	$2,3\text{mg}/\text{m}^3$
Etanol	$1480\text{mg}/\text{m}^3$
Cloro	$2,3\text{mg}/\text{m}^3$
CO_2	1000ppm

Fonte: ANVISA Resolução N° 09/2003

Estes compostos químicos foram associados por Le Moual *et al.* (2013) como potentes indutores de episódios de exacerbação asmática, por desencadear efeitos oxidativos e inflamatórios. As emissões gasosas quando inaladas provocam irritação nas mucosas das vias aéreas, podendo desencadear, além da exacerbação asmática, uma série de afecções respiratórias como o edema agudo de pulmão, rinite, faringite entre outros.

Na UTI há uma prolongada exposição aos compostos químicos causado pelo vazamento das tubulações fornecedoras de gases medicinais (oxigênio e ar comprimido) (LEITÃO *et al.*, 2008), estes problemas podem estar presente em pelo menos 15,3% da UTIs (YOSHIYA; BAIK, 1997), denotando a exposição exagerada a estes componentes aéreos e consequente risco para desenvolver problemas de saúde em decorrência de problemas na qualidade atmosférica do setor.

2.3.4.3.3 Material Biológico

Em instituições hospitalares, a mensuração da exposição e a quantificação dos bioaerossóis são de suma relevância. A presença de muitos agentes biológicos nestes ambientes é atribuível aos procedimentos próprios do setor, a exemplo da intubação orotraqueal, ventilação mecânica invasiva e não-invasiva, nebulizações, além de ventilação inadequada e taxa de ocupação (VIEIRA *et al.*, 2013; WAN *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2009).

A simples permanência na UTI expõe o trabalhador às doenças infecciosas transmitidas por via aérea em decorrência da presença de pacientes com problemas respiratórios (MIRANDA; STANCATO, 2008), e também pela detecção de bactérias como *Acinetobacter* e *Estafilococos*, que têm grande potencial ameaçador sobre a saúde humana (VERDE *et al.*, 2015; WAN *et al.*, 2011). Ademais, as características de ventilação e de iluminação do local podem potencializar a exposição aos microrganismos e concomitantemente o risco de propagação infecciosa (HOBDA; DANCER, 2013).

A manipulação e descarte de fluidos biológicos, que é uma tarefa rotineira em UTIs, seja por descarte de secreções ou higienização de tubos e conexões, se feitas de forma inadequada acrescenta contaminação ao meio e alto risco para disseminação dos microrganismos patógenos (LEITÃO *et al.*, 2008). Em consonância, a ANVISA (Resolução nº306/2014) inclui a manipulação de fluidos biológicos como fator de risco para contaminação aérea e risco de infecção.

Ademais, o excesso de umidade estimula o crescimento de microrganismos, tais como bolor, fungos e bactérias, e favorecendo o processo de degradação química (materiais de revestimento e mobiliário) ou biológica. Portanto, a umidade tem sido um indicador do risco de sintomas respiratórios, alergias, asma e reações imunológicas (BRICKUS *et al.*, 2013; KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012). Os níveis recomendados de umidade relativa são em torno de 30 a 60%, contudo, em UTIs e centros cirúrgicos, é necessário estender esse limite de tolerância em sua margem inferior a fim de evitar proliferação bacteriana (VERDE *et al.*, 2015).

Ademais, para prevenção de infecção hospitalar, segundo O'Connell e Humphreys (2000), deve-se manter um controle adequado da taxa de renovação do ar e capacidade de filtragem dos condicionadores de ar e também dos padrões de fluxo aéreo. A velocidade do ar tem que ser mantida a níveis baixos para evitar turbulências que causem propagação de bactérias e PM. Manter um fluxo laminar com uma aceleração de cerca de 0,1 a 0,25m/s é o suficiente para dirimir riscos de propagação infecciosa em espaços de internação de pacientes e proporcionar um estado de conforto para os ocupantes. O sistema de condicionamento de ar deve filtrar 99% das PMs com diâmetro $\geq 5\mu\text{m}$. Recomenda-se ainda que cerca de 15 trocas de ar devem ser realizadas em ambientes com pacientes infectados, com queimaduras extensas ou ainda imunossuprimidos, e 6 a 8 trocas em ambientes que contenham pacientes com menor risco de infecção (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012; DASCALAKI *et al.*, 2009; YAU *et al.*, 2011; ASHRAE 170, 2013).

Deve-se considerar que o controle de infecções em UTIs – assim como em ambientes de cuidado em geral – não pode atentar apenas para aplicações de princípios de higiene e assepsia, mas também para o design. equipamentos e ventilação destas áreas tendo em vista que cuidados de higiene e segurança são princípios a serem seguidos para o estabelecimento de normas e padrões de construção de hospitais (KHODAKARAMI; NASROLLAHI, 2012; RAO, 2004). Isso é necessário para minimizar o risco ocupacional mediado pela disseminação de agentes biológicos tendo em vista que as tarefas executadas neste setor por si, a exemplo de procedimentos invasivos, respiração artificial e oxigênio terapia, são potentes fontes de

contaminação segunda a ANVISA, em sua resolução nº09/2003, que trata de padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

2.4 RISCOS OCUPACIONAIS - CONCEITOS

As condições de combate nos períodos de guerra e pós-guerra, seja em aviões, navios, submarinos ou em terra, impulsionaram os grandes avanços no estudo sobre aspectos ergonômicos. As circunstâncias em que eram realizadas as operações submetiam os combatentes a níveis de desconforto, stress, temperaturas e esforço físicos extremos e em função das necessidades de confiabilidade de operações nestes mecanismos, houve um real progresso em relação ao estudo dos projetos industriais da época na perspectiva de dirimir os riscos de exposição e maximizar a execução das atividades (LEITÃO *et al.*, 2008).

Nos dias atuais, o aumento da competitividade de mercado decorrente da globalização e a busca pela produtividade fizeram com que fosse acrescentado na dinâmica do trabalho variáveis que trazem riscos de agravos aos trabalhadores (LINS, 2010). Assim, o risco passa a ser variável presente nos ambientes de trabalho, e cada profissão e atividade detém um nível específico, geralmente interligado às suas tarefas concretas (WANG *et al.*, 2013).

Em todas as partes do mundo os trabalhadores estão expostos a diversas modalidades de risco em decorrência da exposição aos agentes químicos, biológicos, físicos, condições ergonômicas adversas, organizadas em uma complexa rede (WHO, 2004). Hasselhorn *et al.* (1999) descrevem os riscos ocupacionais como sendo classificados em quatro categorias: os físicos (ruído, iluminação vibração, temperatura, radiação); os químicos (líquidos e vapores); os biológicos (bactérias, fungos e vírus); e psicossociais. Faria *et al.* (2011) e Rodrigues (2011) acrescentam ainda os riscos ergonômicos e de acidentes. A exposição a estes riscos pode causar doenças e acidentes no local de trabalho (MIRANDA; STANCATO, 2008).

Assim, tem-se que fatores de risco ocupacional são agentes inclusos no ambiente de trabalho que podem causar dano. Para alguns fatores de risco é clara a conexão entre o nível de exposição e seus efeitos à saúde, como por exemplo, a exposição prolongada à asbestos e o desenvolvimento da Asbestose, contudo, tal relação ainda permanece obscura para muitos agentes inclusos no ambiente de trabalho. Ademais, é possível estabelecer limiares de exposição para alguns fatores de risco como, por exemplo, exposição a ruídos acima de 80dBA podem gerar com mais frequência perda auditiva, contudo, para tantos outros fatores esses limiares ainda são ocultos ou subjetivos (WHO, 2004).

2.4.1 ANÁLISE DE RISCOS OCUPACIONAIS

A análise de risco diz referência ao estudo minucioso de um objeto ou circunstância para identificação dos riscos associados (CARDELLA, 1999), e deve estar alinhada às propriedades de (1) confiabilidade, relacionada com a consistência dos instrumentos de medição (analistas, métodos e procedimentos) e produção dos mesmos resultados com a repetição e (2) validade, relativa ao sucesso da medição e o grau em que a análise descreve os conceitos específicos que está a tentar descrever, ou seja, está relacionado a eficácia da medição (HORIE, 2010). O Quadro 6 destaca algumas das técnicas tradicionalmente usadas para análise de riscos.

Quadro 6 - Técnicas de análise e gestão de riscos ocupacionais

TÉCNICA	OBJETIVO	OBJETO	FOCO
Análise preliminar de riscos	Identificar eventos perigosos, suas causas e consequências.	Área, sistema, procedimento, projeto ou atividade	Todos os perigos
Estudo da identificação de perigos e operabilidade (HAZOP)	Detectar desvios em relação à valores normativos.	Sistemas	Desvio em relação ao padrão
Análise dos modos de falha e efeito	Identificar os modos de falha dos componentes e os efeitos das falhas.	Sistemas	Componentes e suas falhas
<i>What if</i>	Detectar riscos usando questionamentos aberto através da questão “e se ...?”	Sistema, processo, equipamento ou evento	Todos os componentes que podem apresentar falha
Lista de verificação	Verificar a conformidade dos atributos com os padrões normativos	Área, sistema, instalação, processo, equipamento	Desvios em relação ao padrão
Análise por árvore de falha	Estabelece combinações de falhas e condições que poderiam causar a ocorrência de um evento danoso. Lógica dedutiva.	Sistemas	Evento topo e suas consequências
Análise por árvore de eventos	Identificar a sequência de eventos que podem suceder a uma ocorrência de risco. Lógica indutiva.	Área e sistemas de controle	Eventos iniciadores e a série de eventos decorrentes
Matriz comparativa	Verificar os riscos que podem resultar das interações entre os elementos	Sistema, instalações, processos.	Interações entre elementos

Fonte: Adaptado de Cardella (1999)

Assim, inúmeras técnicas estão disponíveis e serão utilizadas a depender do objetivo da análise, do objeto de estudo e do foco, entretanto, métodos que focuem em uma análise probabilística fornecem dados mais precisos e aplicados ao mundo real, podendo ser usados em circunstâncias diversas e fornecendo subsídios para tomada de decisão.

2.4.2 O RISCO OCUPACIONAL COMO FATOR PROBABILÍSTICO

O risco é a possibilidade de que algum elemento incluído em um determinado processo e local de trabalho possa causar danos à saúde, por meio de acidentes ou doenças, e deixar repercussões físicas e psicológicas (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a; WANG *et al.*, 2013; AEROSA, 2012; PORTO, 2000). Tal conceito foi fundamentado em diversas áreas do conhecimento, como a engenharia de segurança, higiene, medicina e fisiologia do trabalho, toxicologia e epidemiologia e, portanto, pode admitir diversas interpretações (KHAKZAD *et al.*, 2013a).

Assim, pode-se entender o risco como produto da probabilidade e consequências e, portanto, não pode ser analisado de forma estática, devido às constantes mudanças ambientais e organizacionais das empresas, e sequer pode ser eliminado em sua totalidade, desta maneira prioriza-se sua redução e de seus impactos, por meio de estratégias de interrupção da progressão do incidente, mecanismos de controle e educação dos envolvidos, buscando-se uma maior conscientização para as questões de saúde e segurança ocupacional (KHAKZAD *et al.*, 2013b).

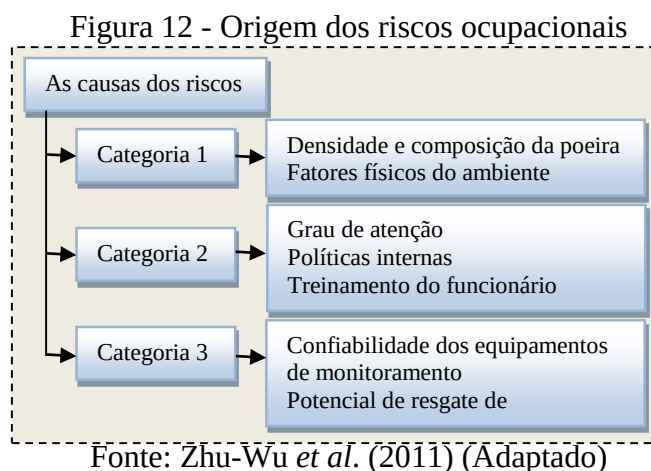
Inicialmente, a definição de risco ocupacional foi concebida a partir das consequências visíveis e diretamente relacionadas à execução das tarefas que poderiam causar acidentes e doenças sem, no entanto, levar em consideração as condições em que o trabalho é realizado e o resultado do desenvolvimento econômico e tecnológico (LUZ *et al.*, 2013; MIRANDA; STANCATO, 2008; PORTO, 2000).

A noção de risco subdivide-se em categorias relativas a exposição, nas quais estão inclusos os perigos propriamente ditos à que o profissional está exposto, o dano que tal perigo pode provocar ao profissional e fatores aditivos, tais como fadiga, turnos de trabalho ou tempo excessivo de trabalho, que podem potencializar a exposição ao perigo ou favorecer a ocorrência de acidentes (HORIE, 2010).

Para tentar construir uma fundamentação teórica na identificação e análise dos riscos ocupacionais, modernas teorias têm sido desenvolvidas, uma destas, a *Teoria dos Três Tipos de Riscos* (FIGURA 12), identifica os riscos ocupacionais como provindos de três fontes: (1) Resultante de grandezas físicas e químicas dispersas no ambiente em que é desenvolvida a tarefa; (2) Refere-se a elementos inseguros ou defeituosos durante a execução da atividade; (3) Resultante de fatores organizacionais e pessoais (ZHU-WU *apud* SHUICHENG, 2011).

Logo, pode-se entender que os riscos são inerentes ao próprio processo de trabalho e decorrem das características do ambiente em que é desenvolvido. Muitos fatores contribuem para os riscos no local de trabalho, e todos eles estão correlacionados, sendo assim é

indispensável considerar suas interações quando os analisamos (ZHAO *et al.*, 2012; AKHTAR; UTNE, 2014).



O presente estudo limita-se à análise dos requisitos de conforto ambiental em UTIs, a partir dos quais será possível inferir sobre os riscos relacionados à categoria 01 contidos na Figura 12

2.4.3 OS RISCOS DE CARÁTER AMBIENTAL NA UTI

As características ambientais de um local de trabalho têm grande influência sobre a saúde dos profissionais e ocorrência de acidentes, à medida que os componentes, como por exemplo, um ruído ou ofuscamento visual podem influenciar no comportamento e nas reações dos organismos aos estímulos externos. Assim, a exposição aos fatores ambientais pode acrescentar demasiado risco para execução de uma tarefa, e em se tratando do setor hospitalar há uma ampliação da vulnerabilidade pelas próprias características do setor produtivo (MIRANDA; STANCATO, 2008; IIDA, 2006; FLYNN *et al.*, 1973).

No Brasil, os primeiros trabalhos voltados para avaliação dos riscos relacionados às condições de trabalho em hospitais surgem em 1970, a partir de uma pesquisa realizada na Universidade de São Paulo (USP), que cita a ocorrência de 4.468 acidentes do trabalho, e ainda queixas como lombalgias, fadiga e doenças infectocontagiosas. Com o rápido e necessário aumento do número de UTIs no país, as pesquisas direcionaram-se para este setor, tendo em vista sua complexa estrutura organizacional e física (ROCHA, 2010; GOMES, 1974).

Desde então, várias pesquisas nacionais e internacionais foram desenvolvidas no sentido de investigar os fatores ambientais a que os profissionais em UTIs estão expostos, a exemplo de Hilgemberg (2002) que investigou o ruído em UTIs de Curitiba – PR; Hignet e Lu (2007) demonstraram a falta de espaços adequados para tarefas dos profissionais da UTI o que

constitui um risco ergonômico; Miranda e Stancato (2008) afirmam que a permanência no ambiente da UTI expõe o trabalhador às doenças infecciosas transmitidas por via aérea, evidenciando problemas relacionados a qualidade do ar.

Embora a UTI traga benefícios em termos de preservação da vida, ela tem um potencial destrutivo em termos físicos e psicológicos. As consequências que os profissionais estão expostos de forma cumulativa são desencadeadas pela associação de estímulos ambientais e organizacionais, e por isso a UTI tem sido considerada um setor insalubre, o que pode estar ligado à incorporação constante de novas tecnologias e ao processo de trabalho, ampliando a vulnerabilidade e se tornando um agravante na geração de distúrbios ocupacionais (MIRANDA; STANCATO, 2008; CARVALHO *et al.*, 2005).

O risco deve ser avaliado qualitativamente, semi-qualitativamente e quantitativamente (RAAFAT; SADHRA, 1999), tal noção motivou Tziaferi *et al.* (2011) a propor uma metodologia de avaliação de riscos derivados de fatores ambientais em hospitais envolvendo três abordagens, onde são integrados dados objetivos através de mensuramento, associado aos dados subjetivos e observacionais.

Após esta avaliação triangulada os dados objetivos poderiam ser indexados em uma Matriz de Avaliação de Risco, considerando sua estratificação (TABELA 12) para descrição da probabilidade e severidade do evento, podendo assim identificar a potencialidade de cada fator de risco (ANTTONEN; PAAKKONEN. 2010). Os resultados da pesquisa sugeriram que o ambiente hospitalar apresentou níveis médios de risco para medidas ambientais.

Tabela 12 - Estratificação do risco baseado em parâmetros objetivos

Ruído	Temperatura	Umidade	Iluminação	Estratificação
≤ 45 dBA	18-22°C	40-60%	500-700 lux	Risco baixo
45-80 dBA	23-26°C	60-75%	200-350 lux	Risco médio
≥ 80 dBA	18<°C<26	40<%<75	< 200 lux	Risco alto

Fonte: Tziaferi *et al.* (2011)

Desse modo, o meio onde este profissional está incluso torna-se um importante indicador quantitativo da exposição ao risco, como este profissional está sendo afetado pelo ambiente e como a produtividade deste profissional está sendo afetada pelas condições ambientais. Portanto, através de uma estratificação do risco e controle apropriado do ambiente de trabalho é possível prevenir agravos relacionados à exposição (PORTO, 2000).

Partindo do pressuposto que a análise de risco ocupacional envolve um sistema complexo e multidimensional em um cenário que regularmente há incertezas, desconhecimento ou ausência de determinados fatores de risco que envolve o problema, a modelagem viabilizada por meio de distribuições de probabilidade em meio às incertezas, proporcionada pelas Redes

Bayesianas (RBs), torna-se adequada para modelar os riscos ocupacionais, tendo em vista que possibilita a inferência a partir de hipóteses e sobre a relação entre os fatores de risco. Não obstante, o risco é um dado mutável em função do tempo (dentre outros aspectos), e essa lógica é satisfeita pela modelagem através das RBs, à medida que simula processos estocásticos (HSU *et al.*, 2014; XING *et al.*, 2013; PUNCHER *et al.*, 2013; ENGLEHARDT, 2003).

A seguir será descrito um panorama conceitual da ferramenta estatística “Redes Bayesianas” que será usada para inferir sobre os riscos ocupacionais a partir de dados sobre as variáveis termoambientais em UTIs. Pretende-se com isto demonstrar características relevantes para a estruturação e interpretação dos resultados finais deste trabalho.

2.5 REDES BAYESIANAS PARA ANÁLISE DE RISCOS OCUPACIONAIS

A análise de riscos ocupacionais é uma importante ferramenta para desenvolver estratégias de prevenção de acidentes e agravos à saúde; ela determina os fatores envolvidos e o nível de risco que é aceitável para determinada atividade, uma vez que este não pode ser eliminado, pois é produto da probabilidade. Assim, através de uma estratificação do risco e controle apropriado do ambiente de trabalho é possível prevenir acidentes e agravos ocupacionais (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012b; ANEZIRIS *et al.*, 2010; MARTÍN *et al.*, 2009).

Um dos métodos que têm surgido como opção para análise dos riscos ocupacionais são as Redes Bayesianas (RBs). É um método de inferência probabilístico multivariado usado em várias áreas do conhecimento, especialmente em estudos sobre segurança, principalmente pelo fato de favorecer a resolução de problemas complexos através de uma técnica robusta, além de permitir o cálculo de valores probabilísticos a partir da relação causal de cada fator de segurança (ABDAT *et al.*, 2014; TIGHE *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2012).

Estes modelos probabilísticos em rede são técnicas eficazes de extrair informações a partir de dados (ARLINGHAUS *et al.*, 2012; VALDÉS *et al.*, 2011), permitindo uma representação fidedigna de um evento, assim como a visualização da relação de dependência entre eventos (DROGUETT; MENÊZES, 2007).

As RBs dispõem com precisão da probabilidade da ocorrência de um determinado evento considerando seu fator causador, gerando assim informações quantitativas sobre a exposição ao risco. Assim, a análise de risco através das RBs pode ser usada como uma ferramenta de tomada de decisão, pois, através da combinação de conceitos gráficos e probabilidades condicionais, pode-se identificar quais os fatores de risco de determinada atividade e como cada fator pode influenciar no risco global, para fornecer subsídios e atenuar

os precursores frequentes (ZHAO *et al.*, 2012; TIGHE *et al.*, 2013; CARVALHO; CHIANN. 2013; DELCROIX *et al.*, 2013).

Estas redes probabilísticas têm ainda a capacidade de fornecer dados de monitorização à medida que novas informações são acrescentadas ou retiradas de sua estrutura, e pode-se inclusive incorporar variáveis categóricas e contínuas; uma característica que acrescenta grande vantagem em relação a outros métodos, pois diversos modelos para o mesmo problema podem ser construídos a depender de como o problema é formulado (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2013b; GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2013a; LUNA, 2004; TIÉ, 2007).

Para Aven e Heide (2009) existem dois tipos de abordagens bayesianas, (1) Para estimação de parâmetros não observáveis e (2) Para predizer de fatos observáveis onde espera-se avaliar as incertezas. Ambas as abordagens vão ser conjuntamente discutidas ao decorrer do texto.

2.5.1 FUNDAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DAS RBS

A construção de redes bayesianas é baseada na noção de probabilidade condicional expressa pela equação 3 (KENNEDY, 2009). O uso das RBs na identificação do risco ocupacional é baseado na relação entre variáveis aleatórias, representadas neste caso pelos fatores de riscos, em função das circunstâncias em que estas variáveis são representadas no ambiente de trabalho. A técnica bayesiana consiste na formalização de uma distribuição a priori refletindo as crenças do pesquisador sobre o assunto, que quando combinados às informações reais obtidas sobre o domínio estudado resulta em uma distribuição de probabilidade a posteriori, da qual pode-se tirar conclusões. Logo, as RBs possuem basicamente dois componentes: um qualitativo, representado pelo Gráfico Acíclico Dirigido (GAD), formulado a partir do conhecimento prévio sobre a exposição ao risco, e onde é estabelecido as relações de dependência entre as variáveis; e um componente quantitativo, onde é possível identificar as distribuições de probabilidade condicional (GUERRERO-BARBOSA; AMARÍS-CASTRO, 2014).

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i)P(B|A_i)}{\sum P(A_j)P(B|A_j)} \quad (3)$$

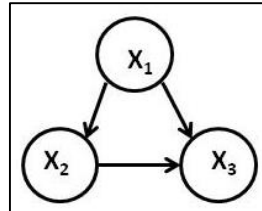
Assim, a rede é definida por $RB = \langle G, \Theta \rangle$, onde G é o GAD (FIGURA 13), cujos nós $X_1, X_2, \dots, X_n$ representam as variáveis aleatórias, e Θ indica o conjunto de parâmetros quantitativos da rede visualizado na tabela de probabilidade condicional. Deste modo, as RBs

determinam uma única distribuição de probabilidade para cada variável, dada pela Equação 4, onde π_i é o conjunto de variável das quais X_i depende condicionalmente (LEU; CHANG, 2013; ANEZIRIS *et al.*, 2010; FRIEDMAN *et al.*, 1997; PEARL, 1988).

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod p(X_i/\pi_i) \quad (4)$$

A estrutura do GAD é definida por dois elementos: *nós* e setas. Cada nó do gráfico representa uma variável aleatória, enquanto as setas entre os *nós* representam a relação probabilística de dependência entre as variáveis correspondentes. A seta de um nó X_i para um nó X_j representa uma dependência estatística entre as variáveis e essas conexões podem ser simples, ou seja, quando existe apenas um caminho que liga uma variável a outra, ou múltipla na existência de vários caminhos (FIGURA 13); assim, a seta indica que X_j depende do valor do nó X_i . Este é então referido como nó-pai, e X_j como nó-filho. A estrutura do GAD garante que não haja nenhum nó que possa ser seu próprio pai ou filho, pois o gráfico é acíclico; tal condição é essencial para a fidedignidade dos dados (ARA-SOUZA, 2010; STICH, 2004; PEARL; RUSSEL, 2001; JORDAN, 1999).

Figura 13 - Gráfico acíclico dirigido de uma RB



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Tem-se como exemplo, o GAD representado na Figura 13 contendo as variáveis X_1 , X_2 e X_3 , podendo serem representadas por elementos do ambiente de trabalho que ofereçam perigo ao profissional. O próximo estágio é especificar as distribuições de probabilidade a priori para cada variável, considerando a propagação de risco a partir de seus *nós*-pais. Neste caso, as distribuições são $P(X_1)$, $P(X_2/X_1)$ e $P(X_3/X_1, X_2)$.

A estrutura do GAD é regulada por meio das propriedades markovianas, que identificam os pressupostos de independência condicional da RB, em que cada variável X_i independe dos nós que não seja seus *nós*-pais no gráfico, isto é usado para reduzir o número de parâmetros necessários para a distribuição de probabilidade conjunta (LEU; CHANG, 2013; ANEZIRIS *et al.*, 2010; FRIEDMAN *et al.*, 1997; PEARL, 1988).

A afirmação de independência condicional da RB fornece uma fatoração compacta das distribuições de probabilidade conjunta e assim definem uma distribuição de probabilidade

conjunta única, reduzindo os parâmetros do modelo. Tal redução proporciona benefícios na inferência, no aprendizado (estimação de parâmetros) e na perspectiva computacional, e o modelo resultante fica mais robusto para determinar os efeitos, a tendência e a variância (DELCROIX *et al.*, 2013; BEN-GAL *et al.*, 2005).

Com a estrutura da RB definida, e após estimação dos parâmetros da rede, pode-se então obter a distribuição de probabilidade a posteriori e com base nestes dados inferir sobre o risco ocupacional (LEE *et al.*, 2013; DELCROIX *et al.*, 2013).

Entendendo que a abordagem concebida pelas RBs é baseada em hipóteses e suposições sobre as interações dos fatores de risco, tratar os dados de forma não metódica pode tornar sua validade questionável e contaminada por crenças pessoais, apesar de ser amenizado pelo uso dos *softwares*. Logo, para construção da modelagem em RB é necessário conhecimento subjetivo prévio, e estar associado ao fato de que a álgebra das análises bayesianas é mais complexa do que as análises clássicas, especialmente em problemas multidimensionais, tornando as RBs ainda pouco aplicada para análises de riscos ocupacionais (COSTA *et al.*, 2011; KENNEDY, 2009).

2.5.2 CONSTRUÇÃO DAS RBs

As RBs permitem liberdade de modelagem, de maneira que o conhecimento do pesquisador é um parâmetro-chave. Porém, alguns preceitos básicos para manter a fidedignidade devem ser seguidos. Segundo Chen e Pollino (2012) os componentes-chave para modelagem bayesiana são: (1) Definição clara do propósito do modelo e pressupostos subjacentes; (2) Avaliação completa do modelo e seus resultados; (3) Informação transparente sobre todo o processo. As orientações necessárias para seguir tais preceitos são destacadas a seguir, assim como técnicas complementares que podem auxiliar o processo.

2.5.2.1 Identificando o cenário de risco

Inicialmente, a construção das RBs requer uma caracterização do cenário de risco em termos de relações entre as variáveis e característica da relação. Para descrição do cenário de risco faz-se necessário entender a sequência de eventos que leva à falha (efeito indesejado que leva ao acidente ou agravo à saúde), o evento gatilho e como ocorre a propagação do evento danoso, para com isso identificar as hipóteses e os pressupostos que regulam a relação entre as variáveis de risco ocupacional (WANG *et al.*, 2011; HÄNNINEN *et al.*, 2014). Os pressupostos externam os conhecimentos prévios do domínio estudado, podem ser formulados a partir de

estudos anteriores, do conhecimento dos especialistas ou ainda, através do uso de distribuições de probabilidades preditivas (KENNEDY, 2009).

A materialização dos pressupostos em modelos conceituais fornece um resumo visual de como os *inputs* estão associados aos *outputs*, facilitando a estruturação do problema e determinação da cadeia causal. Em casos de problemas complexos, múltiplos modelos conceituais podem ser construídos, em diferentes escalas e perspectivas, e para grupos de indivíduos distintos, no intuito de identificar questões de conflito e consenso entre tais grupos (CHEN; POLLINO, 2012).

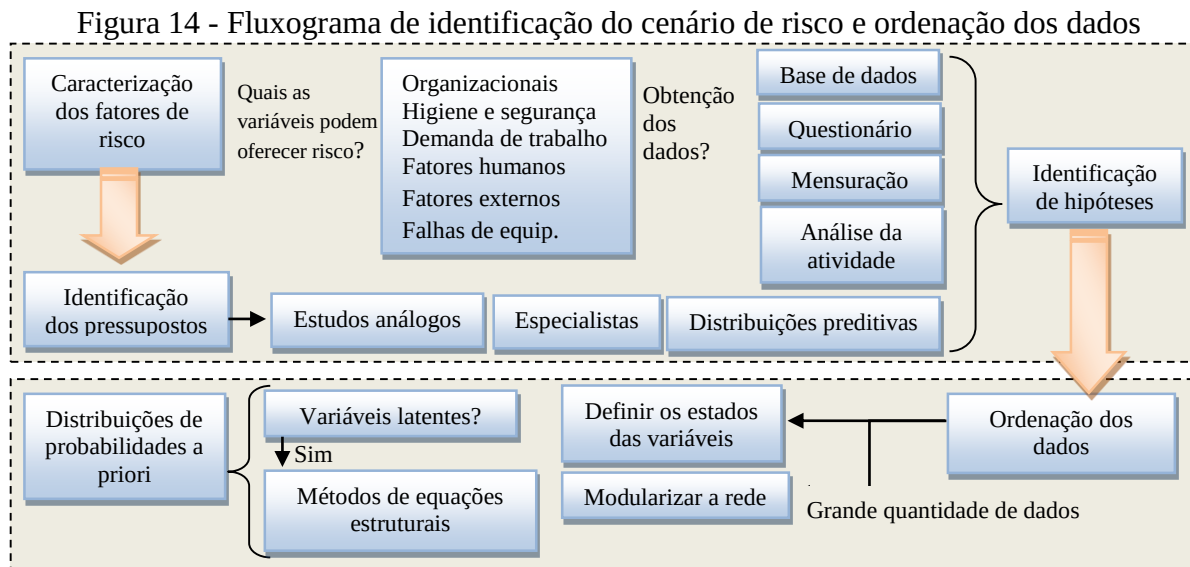
O conhecimento de como o trabalho é executado possibilita identificar as variáveis que estão envolvidas na sequência de eventos que leva à falha, que serão convertidas em nós no GAD (MARTÍN *et al.*, 2009). O quantitativo destas variáveis está diretamente associado à complexidade do modelo, que cresce positiva e exponencialmente em função do número e das relações entre elas, assim, modelos mais robustos requerem técnicas de análise de dados mais precisas e eficazes. Desta maneira, chama-se a atenção para a seleção do número de variáveis e identificação dos tipos de relação entre elas. Lembrando que as RBs têm a capacidade de lidar com dados discretos, contínuos ou híbridos, o que impõe o uso de algoritmos específicos, ou ainda, a necessidade de discretização dos dados levando à consequente perda e generalização de informações (CHATTERJEE, 2014; AGUILERA *et al.*, 2011).

Cada fator de risco, representado pelos nós, é composto de um número finito de estados mutuamente exclusivos (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2013a). Estados são números de possíveis condições que cada fator de risco pode assumir (WANG *et al.*, 2011). Frequentemente estes estados são binários, principalmente porque quanto maior o número de estados maior a complexidade do modelo, pois há uma necessidade de especificar a distribuição de probabilidade de cada variável para seus n estados (HÄNNINEN *et al.*, 2014). Caso existam variáveis latentes (que não podem ser mensuradas diretamente) que influenciam no risco os modelos de equações estruturais (MEE) são indicados para mensurá-las indiretamente (CHATTERJEE, 2013).

Caso os dados estejam em grande quantidade e a RB se torne demasiadamente complexa, a rede pode ser modularizada de modo que sejam formadas sub-redes decorrente da fragmentação da atividade em sub-operações, para então identificar as causas e probabilidades em cada parte da operação. Assim, o risco total será a soma dos riscos de cada operação (KHAKZAD *et al.*, 2013), proporcionando um modelo mais estruturado e preciso (CARVALHO; CHIANN, 2013). Uma forma especializada de RB, a *Object Oriented Bayesian*

Network, trabalha com o conceito de segmentação da RB em sub-redes, em casos de estruturas repetitivas e hierárquicas (CHEN; POLLINO, 2012).

Estes procedimentos embasam a formulação da distribuição de probabilidade a priori, como mostra a Figura 14, sobre a exposição ao risco ocupacional, que será posta à prova nas fases subsequentes.



Fonte: Adaptado de Aguilera *et al.* (2011); Hänninen *et al.* (2014); Chatterjee (2013)

2.5.2.2 Estimação dos parâmetros da RB

Em contextos práticos, a estrutura do GAD é desconhecida, e por isso torna-se necessário identificá-los através de métodos de aprendizagem. Aprendizagem em inteligência artificial é a assimilação da experiência na presença de incerteza ou variabilidade, ou seja, é a estimação dos parâmetros qualitativos ou quantitativos que podem gerar predisposição para atualizações, podendo ser aplicados por um especialista, ou ainda, em caso de problemas muito complexos, com métodos automáticos de aprendizagem a partir dos dados disponíveis sobre o problema (ARA-SOUZA, 2010; LUNA, 2004; MURPHY, 2001).

Assim, a aprendizagem em RB consiste em inferir sobre as distribuições de probabilidade e/ou identificar as relações de dependência entre as variáveis. Portanto, quando a estrutura do gráfico é desconhecida tem-se a “aprendizagem estrutural”; ou ainda, quando a estrutura é conhecida tem-se a “aprendizagem dos parâmetros quantitativos” (LUNA, 2004).

a. Aprendizagem estrutural

Quanto à estrutura, existe basicamente dois métodos para determinação da conformação condicional da RB: (1) determinação automática por métodos computacionais executada por algoritmos de aprendizagem; (2) identificação estrutural realizada pelo conhecimento de especialistas. Reconhece-se que as possibilidades de construção dos GADs são inúmeras e muitas destas possibilidades são equivalentes, ou seja, resultam nas mesmas distribuições de probabilidade, diferindo entre elas a complexidade na estimação dos parâmetros quantitativos. Por isso, a ordem da escolha das variáveis do GAD poderá afetar o formato da rede, e para evitar erros, sugere-se que a escolha seja baseada primeiramente nos fatores de risco possíveis de serem nós-raízes da rede (representados pelos eventos gatilho), seguido dos nós que sejam independentes destes, e do nó-folha, caracterizado como o resultado (ARA-SOUZA, 2010; GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a).

Todos os nós da RB devem afetar seus *outputs*, caso contrário a variável representada pelo nó será insignificante para o ajuste do modelo e poderá ser retirada, reduzindo a complexidade e aumentando a sensibilidade (CHEN; POLLINO, 2012).

Para identificação do GAD que potencialize a estimação dos parâmetros quantitativos do modelo um teste de independência condicional pode ser aplicado, e caso o GAD previamente estipulado não seja o mais eficiente a estrutura da rede será modificada, na medida em que usa informações mútuas entre os nós (CHATTERJEE, 2014). Testes de independência condicional são usados para avaliar se as relações de dependência são suportadas pelos dados, e podem ser executadas nó a nó, ou ainda através de scores totais de rede, que consideram a estrutura como um todo (SCUTARI; DENIS, 2015).

O método de decomposição permite simplificar a identificação das independências condicionais e compensar as incertezas, especialmente se um nó apresenta vários pais, tendo em vista que a probabilidade de cada um dos nós-pais passa a ser calculada separadamente, estes valores são associados obtendo a tabela de probabilidade condicional. Wang *et al.* (2011) usaram o método da decomposição para dirimir incertezas e mostrar os nós que poderiam estar ocultos na rede. Outra abordagem sugerida para enfrentar incertezas é o desenvolvimento de estruturas baseadas em diferentes hipóteses sobre um dado problema (CHEN; POLLINO, 2012).

Outras técnicas podem ser utilizadas para visualização das hierarquias e interligação das variáveis: (1) O modelo de fatores humanos pode ser aplicado para identificar hierarquias na gênese dos acidentes (WANG *et al.*, 2011; AKHTAR; UTNE, 2014); e ainda, (2) o modelo *Bow-Tie* é indicado para identificação das hierarquias, sendo relevante principalmente pelo fato

de adicionar dados relativos à repercussão das barreiras de segurança e de contenção para ocorrência do acidente (KHAKZAD *et al.*, 2013a; KHAKZAD *et al.*, 2013b).

Em caso onde a estrutura do GAD é apontada por especialistas, é indicado o uso de métodos pelos quais seja possível dirimir subjetividades. Nessa perspectiva, Zhao *et al.* (2012) indica o método *D-S Evidence Theory*, pelo qual é possível associar evidências de fontes distintas a fim de obter um consenso que ofereça uma forte medida de certeza.

b. Aprendizagem dos parâmetros numéricos

O método automático de aprendizagem dos parâmetros quantitativos escolhido varia conforme o conhecimento que se tem sobre os dados, e isso implica em conhecer o evento inicial e suas consequências, e descobrir a relação de dependência entre as variáveis. Há situações em que a estrutura é conhecida, porém os dados estão incompletos; ou ainda, a estrutura é desconhecida e os dados estão completos. Quando as variáveis são conhecidas diz-se que os dados são completos, caso contrário os dados são incompletos. Algumas opções, baseados no conhecimento que se tem sobre os dados e estrutura da rede são elucidados no Quadro 7 (MURPHY, 2001).

Quadro 7 - Método de aprendizagem propostos para problema de aprendizagem com RB

Estrutura da RB	Dados	
	Completos	Incompletos
Conhecida	Estimativa de máxima-verossimilhança	Algoritmo <i>expectation-maximization</i> (EM), Cadeia Markov/Monte Carlo (MCMC)
Desconhecida	Pesquisar espaço do modelo	EM + Pesquisar espaço do modelo

Fonte: Ben-Gal *et al.* (2007) (Adaptado)

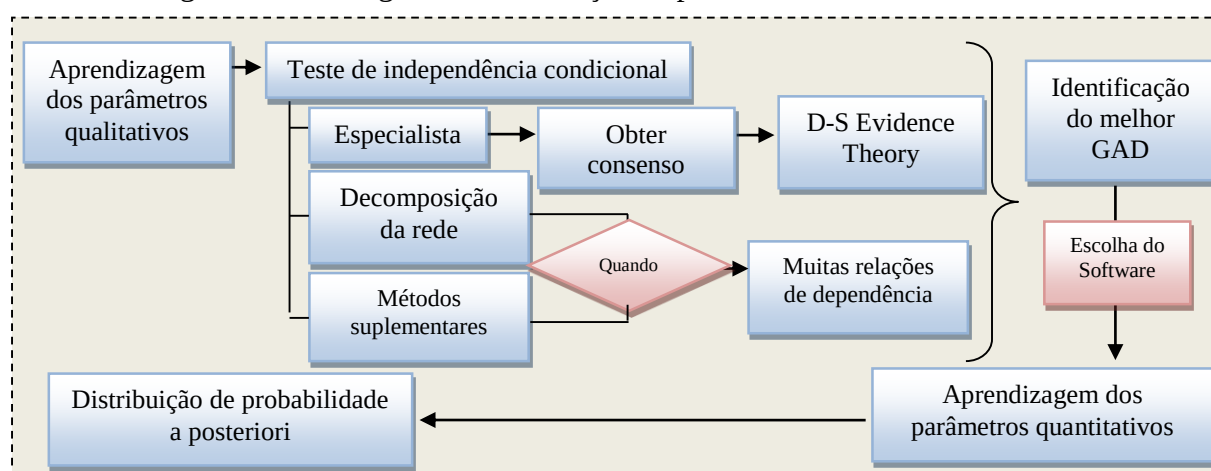
Assim, para problemas complexos, existem inúmeras possibilidades de algoritmos, contudo, não existe um consenso na literatura sobre um algoritmo padrão para cada caso (LUNA, 2004), embora raramente sejam explicitados nas comunicações científicas, tendo em vista que em muitos casos não se tem ciência do algoritmo usado, pois este faz parte do pacote estatístico dos *softwares* comerciais (AGUILERA *et al.*, 2011).

Portanto, os cálculos das probabilidades condicionais não são simples, contudo o uso de *softwares* torna a modelagem mais acessível e viável. Dois *softwares* vêm sendo mais usados, o *Netica Bayesian Network* e *Hugin Researcher*. Entretanto, apesar de ter-se potentes ferramentas computacionais, vale salientar que mesmo com o uso da aprendizagem por meio de algoritmos computacionais a percepção humana é fundamental para a correta aplicação das

RBs na análise de risco ocupacionais (WEBER *et al.*, 2012; GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a; CHEN *et al.*, 2010).

Uma vez que a estrutura da rede é identificada, a inferência dos parâmetros quantitativos do modelo é feita através de cálculos probabilísticos e computacionais, com possível interação dos conhecimentos teóricos de especialistas sobre o cenário de risco que envolve um dado problema. Assim, pode-se chegar a um valor consistente de exposição ao risco ocupacional com atenuação de possíveis vieses (LEE *et al.*, 2013; ENGLEHARDT, 2003) (FIGURA 15).

Figura 15 - Fluxograma de estimação os parâmetros do modelo de RB



Fonte: Adaptado de Chatterjee (2013); Khakzadet *al.* (2013a); Lee *et al.*(2013)

Pode-se destacar alguns resultados obtidos com a aplicação das RBs na análise do risco ocupacional, a saber:

1. No setor de transporte os resultados indicaram que os fatores humanos foram, dentre os fatores diretos, os maiores responsáveis por acidentes, e dentre os fatores indiretos a maior influência foi relacionado às condições das estradas (ZHAO *et al.*, 2012);
2. Em estudo aplicado no setor industrial, de serviços e de construção civil mostrou-se que os acidentes de trabalho tiveram uma forte relação direta com o conjunto global de fatores de higiene e ergonomia, indicando que as más condições de trabalho têm um efeito significativo sobre a saúde e segurança nas empresas (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a);
3. Na perspectiva de inferir sobre os riscos da exposição ocupacional aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no setor industrial, identificou-se que a

exposição prolongada resulta em 74,4% de chance de ultrapassar o risco aceitável de exposição (HSU *et al.*, 2014);

4. Wong *et al.* (2014) propõem a abordagem bayesiana para avaliação das discrepâncias entre as estimativas preditas de conforto térmico (evento A) e reais (evento B). A proposta do autor segue uma sequência de atividades que inclui (1) identificação da amostra e erro tolerável, (2) escolha da função de distribuição normal (3) cálculo da $P(A_i)$, (4) cálculo $P(A_i | B)$ dada pela equação 3, e finalmente (4) determinação da distribuição posterior usando a função de distribuição de $P(A_i | B)$.

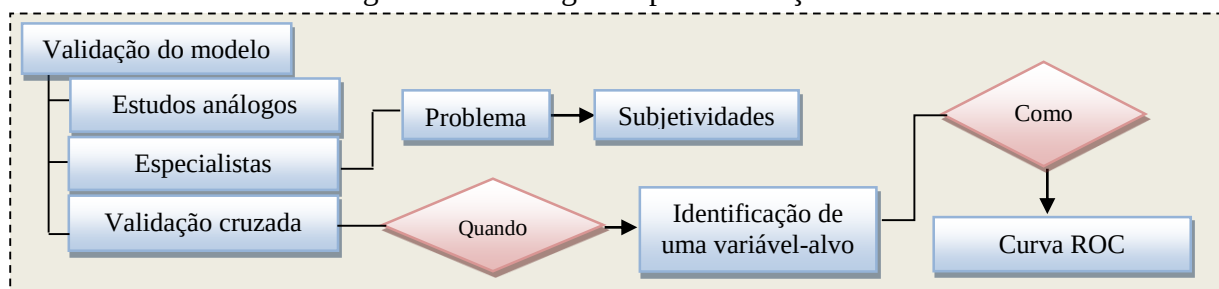
2.5.2.3 Validação da RB

Essa etapa consta da verificação da representatividade e solidez do modelo, e a acurácia da inferência resultante. A subjetividade inerente ao processo de construção das RBs é amenizada quando o modelo resultante passa por uma validação, na qual prova-se sua confiabilidade. Caso o modelo resultante seja apontado como inválido, deve-se atualizar os dados ou a estrutura para que possa novamente ser testado (AGUILERA *et al.*, 2011; AKHTAR; UTNE, 2014).

Existem vários métodos de validação, seja por meio da analogia com outras publicações semelhantes, da aplicação do conhecimento de especialistas e ainda, nos casos em que as RBs tenham uma variável-alvo, através de validação cruzada. Métodos seguros e precisos são necessários nesta etapa, contudo, no caso da validação através da assessoria de especialistas há ainda subjetividades e, além disto, o tamanho e composição do grupo influenciam nos resultados (WANG *et al.*, 2011; AGUILERA *et al.*, 2011; AKHTAR; UTNE, 2014).

Para validação cruzada é necessário dois grupos de dados, um destinado à construção do modelo e outro à validação (AKHTAR; UTNE, 2014). Uma opção para aplicação da validação cruzada é a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), que trata-se de um critério gráfico de performance (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2013b; GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a). A curva ROC sugere uma previsão de fidedignidade e de taxa de erros para os resultados obtidos com a aplicação das RBs (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012a) (FIGURA 16).

Figura 16 - Fluxograma para validação da RB



Fonte: Adaptado de Aguilera *et al.* (2011); Akhtar e Utne (2014); Wang *et al.* (2011)

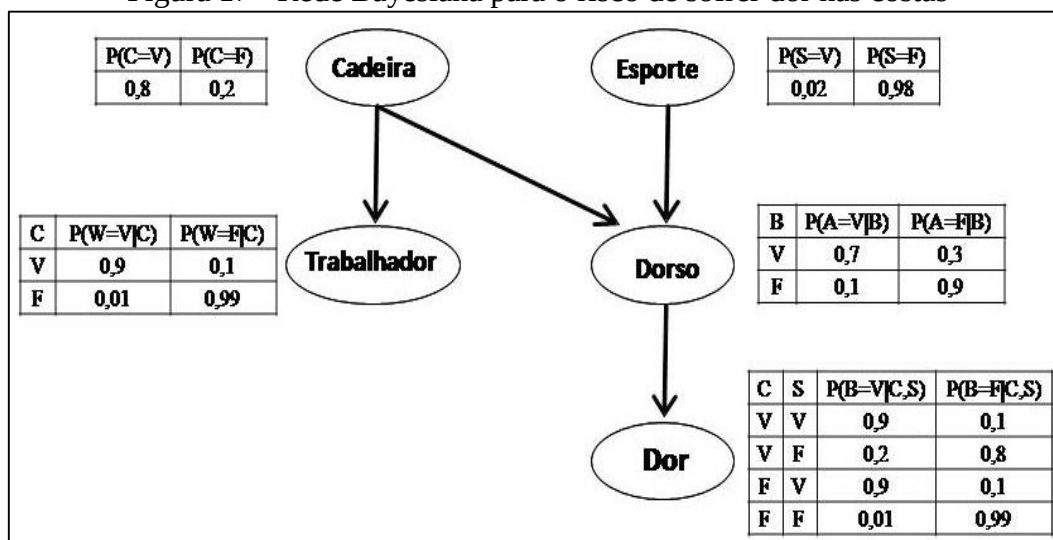
2.5.3 DEMONSTRAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DA RB

Ben-Gal *et al.* (2005) ilustram a aplicação das RBs em um estudo de caso na área em epígrafe e demonstra algumas das suas características. Considere uma pessoa que possa sofrer uma lesão nas costas (variável Dorso - denotada por B). Essa lesão pode causar dor nas costas (variável Dor - denotada por A). A lesão nas costas pode resultar de uma atividade esportiva errada (variável Esporte - denotada por S) ou surgir de cadeiras desconfortáveis instaladas no escritório (variável Cadeira - denotada por C). Neste último caso, é razoável supor que um colega de trabalho vai sofrer e relatar desconforto semelhante (variável Trabalhador - denotada por W). Todas as variáveis são binárias, ou seja, verdadeiro (V) e falso (F) representa seus estados.

Neste contexto, os nós-pai da variável “Dorso” são os nós “Cadeira” e “Esporte”. O nó-filho da variável “Dorso” é o nó “Dor”, e o nó-pai da variável “Trabalhador” é o nó “Cadeira” (FIGURA 17). Seguindo o pressuposto de independência das RBs, algumas declarações de independência podem ser observadas neste caso: as variáveis “Cadeira” e “Esporte” são marginalmente independentes, mas quando a variável “Dorso” é determinada elas tornam-se condicionalmente dependentes. Quando a variável “Cadeira” é fornecida, o nó “Trabalhador” e “Dorso” são condicionalmente independentes; quando a variável “Dorso” é fornecida, o nó “Dor” é condicionalmente independente dos nós “Cadeira” e “Esporte”. A tabela de probabilidade condicional de cada nó é ilustrada na Figura 17.

Portanto, observa-se que as RBs são boas ferramentas para analisar as relações de independência entre variáveis que, segundo García-Herrero *et al.* (2012a), pode auxiliar na investigação das causas dos acidentes e agravos ocupacionais, visto que proporciona flexibilidade e raciocínio probabilístico.

Figura 17 - Rede Bayesiana para o risco de sofrer dor nas costas

Fonte: Ben-Gal *et al.* (2005)

Desta forma, a utilização das RBs no campo da análise de riscos inerentes ao trabalho configura-se como uma ferramenta que contempla cálculos probabilísticos causais, cujo foco está no auxílio e melhoria da identificação, análise e gerenciamento de tais riscos, sendo, segundo Martins e Maturana (2013) e Arlinghaus *et al.* (2012), de fundamental importância em diagnósticos e em tomadas de decisão.

2.6 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

A qualidade ambiental interna em ambientes hospitalares, mais especificamente em Unidades de Terapia Intensa, é um critério fundamental tanto para a segurança e saúde dos profissionais como também para o paciente. Atributos como o ruído, a iluminação, a temperatura e a qualidade do ar se em condições desfavoráveis, podem propiciar o desenvolvimento de diversos sintomas de saúde, o que se configuraria como um risco de exposição ocupacional.

Tal exposição ao risco, ao ser avaliado probabilisticamente, como por exemplo com o uso de Redes Bayesianas, fornece uma ferramenta para tomada de decisão trazendo benefícios para o profissional, para o paciente e também para as organizações que otimizam seus ambientes e reduzem os custos trabalhistas.

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo abordará os métodos adotados assim como os instrumentos utilizados para a consecução da pesquisa, descrevendo sequencialmente cada fase desde a construção do embasamento teórico até os métodos de análise estatística.

3.1 NATUREZA DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa aplicada com abordagem quali-quantitativa, classificada quanto aos seus objetivos como explicativa, e de caráter experimental e transversal com base nos procedimentos técnicos utilizados para seu desenvolvimento. Em relação ao objeto de estudo, classifica-se como sendo uma pesquisa de campo.

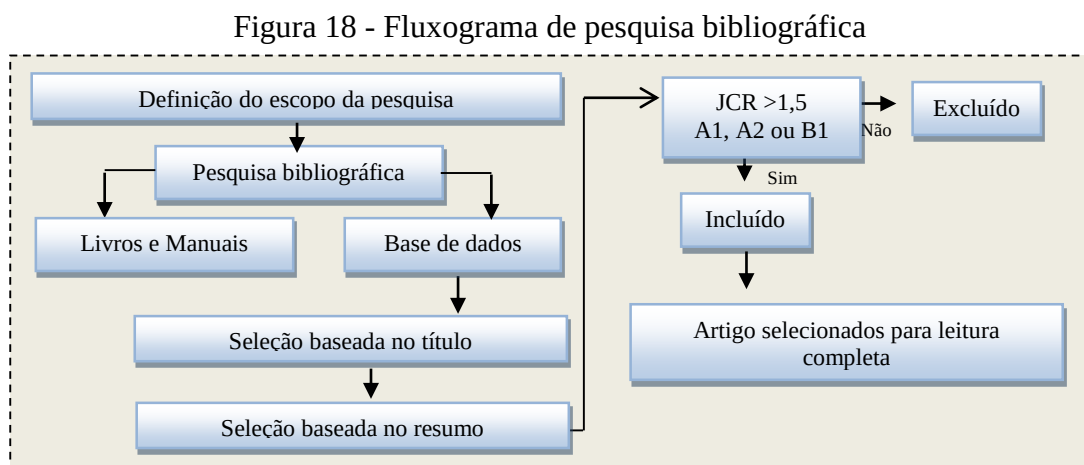
Toda estruturação da pesquisa é construída a partir da dualidade entre o enfoque reducionista e sistêmico, o primeiro visando entender os detalhes de cada variável abordada, e o segundo para entender as interações entre as variáveis e como podem afetar o público-alvo. Assim, todas as ferramentas metodológicas foram adotadas na perspectiva de contemplar ambas as abordagens.

Subdividiu-se o presente trabalho em quatro fases: (1) pesquisa bibliográfica; (2) pesquisa de campo; (3) análise dos dados; (4) redação das conclusões e recomendações. Os métodos para consecução de cada fase serão descritos a seguir.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: CRITÉRIOS DE BUSCA

Para construção do arcabouço teórico da pesquisa foi utilizado o protocolo *Statement for Reporting Systematic Reviews* (PRISMA). O método consiste em um guia prático, contendo uma lista de verificação de itens considerados essenciais para estruturação de revisões sistemáticas e meta-análises (LIBERATI *et al.*, 2009). As etapas de busca seguem o fluxograma apresentado na Figura 18.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A busca foi realizada nas bases de dados digitais *Web of knowledge* e *Science Direct*, considerando apenas artigos nos idiomas Português, Inglês, Francês e Espanhol. As palavras-chave foram agrupadas conforme eixo temático para busca e análise dos artigos (QUADRO 8).

Quadro 8 - Agrupamento de palavras-chave para busca nas bases de dados

GRUPO	PALAVRAS-CHAVE
1	<i>Intensive care unit and Occupational hazard</i> <i>Intensive care unit and Occupational risk</i> <i>Intensive care unit and Environmental Comfort</i> <i>Intensive care unit and Indoor environment quality</i> <i>Hospital and Indoor environment quality</i> <i>Hospital and Occupational hazard</i> <i>Hospital and Occupational risk</i> <i>Hospital and Environmental comfort</i> <i>Occupational risk and Environmental Comfort</i> <i>Occupational risk and Indoor environment quality</i>
2	<i>Bayesian network and Risk analysis</i> <i>Bayesian network and Environmental Comfort</i>
3	<i>Intensive Care Unit and Indoor Environment</i> <i>Thermal Comfort and Intensive Care Unit</i> <i>Intensive Care Unit and Building Environment Thermal Comfort and Hospital</i> <i>Indoor Environment and Hospital</i>
4	<i>Lighting and Hospital and workplace</i> <i>Intensive Care Unit and Lighting and environment</i> <i>Indoor environment quality and Lighting</i>
5	<i>Air Quality and Intensive care unit</i> <i>Particulate Matter and Intensive care unit</i> <i>Air Pollution and Intensive care unit</i> <i>Perceived Air Quality and hospital</i>
6	<i>Hospital and Noise</i> <i>Intensive Care Unit and Noise</i> <i>Acoustic comfort and Intensive Care Unit</i> <i>Acoustic comfort and Hospital</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

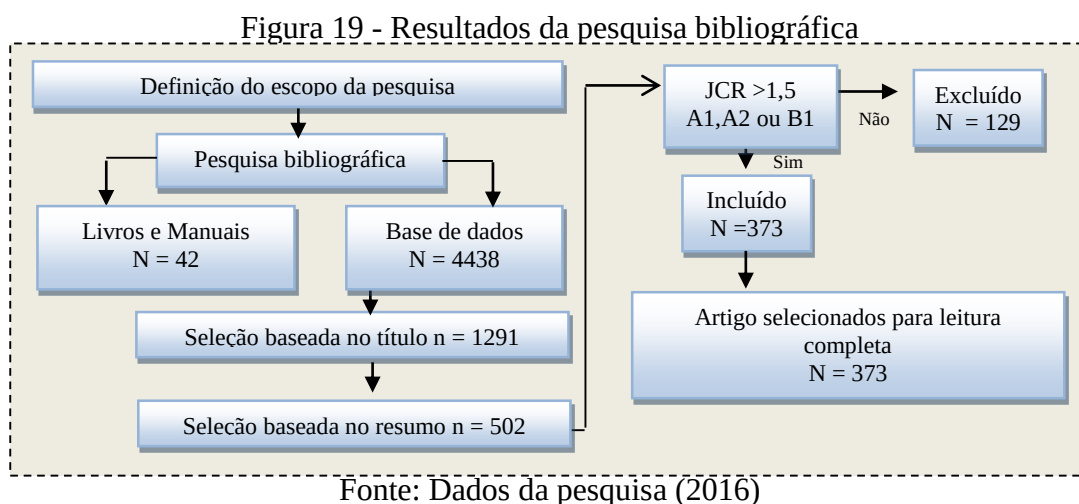
Todas as buscas foram filtradas sequencialmente por título, resumo e palavras-chave, e limitadas às publicações a partir de 2006. No entanto, os artigos com significativa relevância acadêmica - observado pelo número de citações e *Journal Citation Report (JCR)* - datado de anos anteriores a este período de tempo foram considerados. A última busca foi realizada em outubro de 2015.

Após a coleta dos artigos e retiradas das duplicatas, estes foram avaliados com relação ao JCR e caso o artigo em questão não dispusesse da classificação, seria avaliado quanto ao Qualis CAPES. Foram inclusos artigos de periódicos que apresentaram classificação JCR superior à 1,5 e/ou Qualis CAPES entre A1 e B2. Os artigos selecionados foram submetidos à leitura e análise. Excluíram-se os respectivos textos referentes a títulos e resumos inadequados ao tema desta pesquisa.

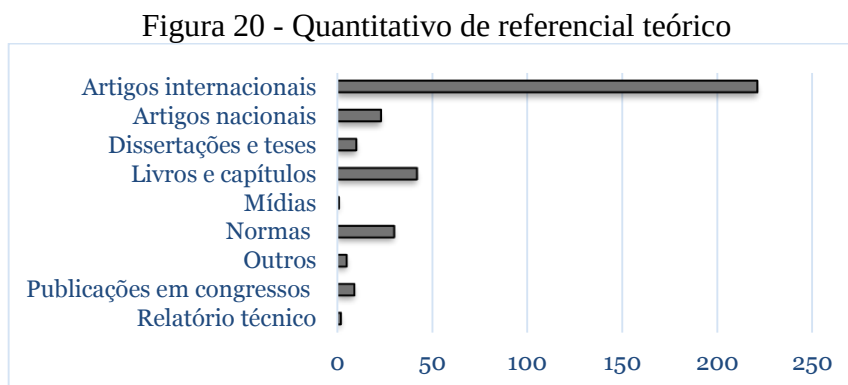
Os artigos selecionados foram então analisados quanto aos resultados obtidos. Buscou-se estabelecer uma interligação coerente entre os resultados encontrados, tornando possível analisá-los à luz da literatura nacional e internacional.

3.2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: RESULTADOS DA BUSCA

A Figura 19 discrimina sequencialmente o quantitativo de artigos selecionados para o levantamento bibliográfico, segundo a metodologia de busca utilizada. Esclarece-se que apesar de serem selecionados para leitura integral 373 artigos, após a leitura integral foram inclusos para o referencial teórico 253 artigos, além de 10 dissertações, 42 livros e 27 normas e orientações técnicas. A exclusão dos demais foi baseada no fato dos mesmos não apresentarem adequação ao escopo e/ou resultados não significativos para esta pesquisa.

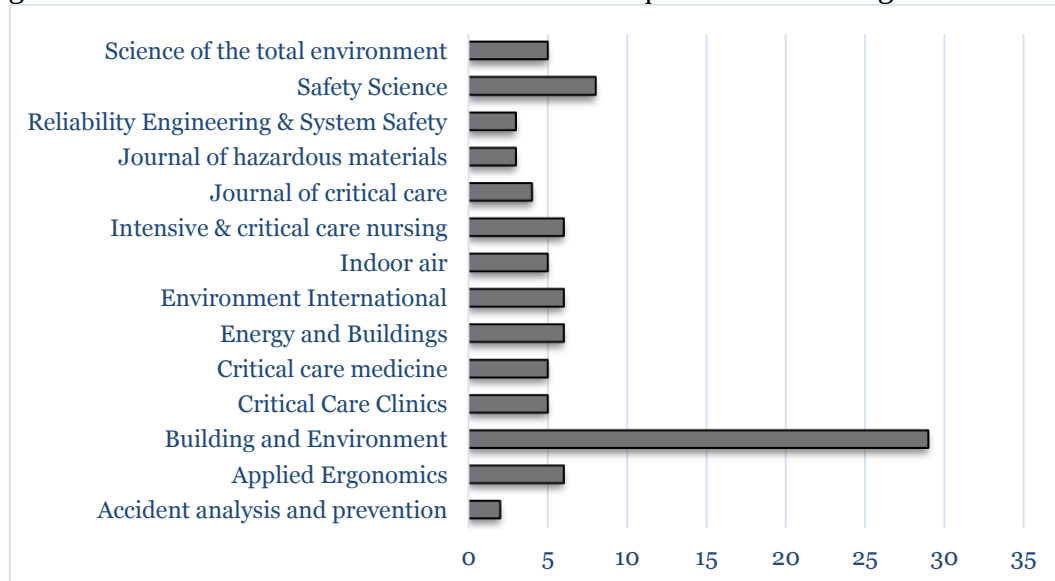


Dentre as referências bibliográficas usadas tem-se como principal fonte os artigos de periódicos internacionais, contabilizando 66% da base referencial científica, como pode ser visto na Figura 20. No tópico “outros” são inclusos questionários validados por instituições educacionais, *softwares* e notas científicas.



Foram contabilizados um total de 134 periódicos de origem internacional e nacional, sendo expostos na Figura 21 os periódicos de maior relevância para construção teórica desta pesquisa, juntamente com o quantitativo de artigos dispostos. O periódico *Building and Environment* certamente foi o que teve mais destaque, contribuindo com um quantitativo de 29 artigos.

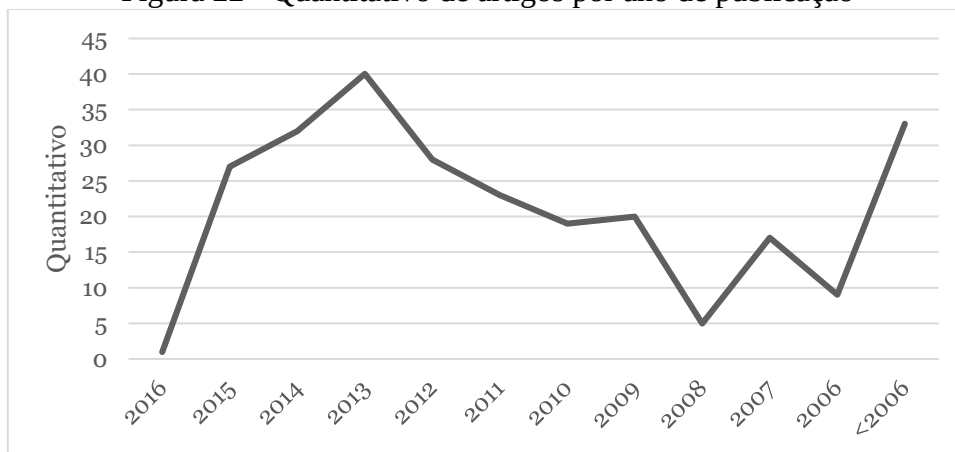
Figura 21 - Periódicos mais relevantes conforme o quantitativo de artigos selecionados



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Figura 22 expõe o quantitativo de artigos por ano de publicação, na qual pode-se observar que a grande maioria dos artigos selecionados para análise e discussão do tema foram publicados nos últimos cinco anos vigentes, evidenciando a atualidade das fontes bibliográficas. Os artigos de anos anteriores justificam-se pela relevância e contribuição científica para a pesquisa em questão.

Figura 22 - Quantitativo de artigos por ano de publicação



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Os artigos de maior relevância para construção do referencial teórico estão destacados no Quadro 9, associados aos países em que o estudo foi realizado, com exceção dos *reviews*. Alguns estudos não esclarecem os países em que foram realizadas as coletas de campo, e outros captaram dados em vários países. Portanto, observa-se que o estudo do conforto ambiental está em constante aperfeiçoamento, com pesquisas desenvolvidas no mundo todo, desde países emergentes como a China, até países desenvolvidos, como a Suécia.

Quadro 9 - Pesquisa mais relevantes para o referencial teórico

AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	PAÍS
Brager; Dear	Thermal adaptation in the built environment: a literature review.	Energy and Buildings	1998	-
Parsons	Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models.	Applied Ergonomics	2000	-
Humphrey; Nicol	The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments.	Energy and Buildings	2002	*
Van Bommel; Van Den Beld	Lighting for work: a review of visual and biological effects.	Lighting Research and Technology	2004	-
Pope; Dockery	Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect.	Journal of the Air & Waste Management Association	2006	-
Van Bommel	Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work.	Applied ergonomics	2006	-
Fransson <i>et al.</i>	In search of the comfortable indoor environment : A comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort.	Building and Environment	2007	Suécia
Hwang <i>et al.</i>	Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan.	Building and Environment	2007	Taiwan
Codinhoto <i>et al.</i>	The impacts of the built environment on health outcomes.	Facilities	2009	-
Dascalak <i>et al.</i>	Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms.	Energy and Buildings	2009	Grécia
Haldi; Robinson	. On the unification of thermal perception and adaptive actions.	Building and Environment	2010	Suíça
Kalfon	Sources de nuisances et d'inconforts en réanimation.	Réanimation	2010	França
Rosqvist	On the validation of risk analysis—A commentary.	Reliability Engineering & System Safety	2010	-
Tomei <i>et al.</i>	Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: A meta-analysis.	Science of the Total Environment	2010	-
Bellia <i>et al.</i>	Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions.	Building and Environment	2011	Itália
Frontczak; Wargocki	Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments.	Building and Environment	2011	-
Magnavita <i>et al.</i>	Environmental discomfort and musculoskeletal disorders.	Occupational Medicine	2011	Itália
Tziaferi <i>et al.</i>	Risk Assessment of Physical Hazards in Greek Hospitals Combining Staff's Perception. Experts' Evaluation and Objective Measurements.	Safety and health at work	2011	Grécia

Huang <i>et al.</i>	A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices.	Building and Environment	2012	Pequim
Huisman <i>et al.</i>	Healing environment: A review of the impact of physical environmental factors on users.	Building and Environment	2012	-
Khodakarami; Nasrollahi	Thermal comfort in hospitals – A literature review.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2012	-
Kim; dear	Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction.	Building and Environment	2012	**
Azizpour <i>et al.</i>	Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC).	Energy and Buildings	2013	Malásia
Dianat <i>et al.</i>	Objective and subjective assessments of lighting in a hospital setting: implications for health, safety and performance.	Ergonomics	2013	Iran
Cachon <i>et al.</i>	Proinflammatory effects and oxidative stress within human bronchial epithelial cells exposed to atmospheric particulate matter (PM(2.5) and PM(>2.5)) collected from Cotonou, Benin.	Environmental pollution	2014	Benin
Fekry <i>et al.</i>	Develop an environmental assessment technique for human comfort requirements in buildings.	HBRC Journal	2014	-
Mendes <i>et al.</i>	Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers.	Urban Climate	2015	Portugal
Wong <i>et al.</i>	Bayesian thermal comfort model.	Building and Environment	2014	-
Kim <i>et al.</i>	Development of the adaptive PMV model for improving prediction performances.	Energy and Buildings	2015	Coréia
Kushairi <i>et al.</i>	Perceptions on thermal comfort in general wards for.	Journal of Building Performance	2015	Malásia
Lu <i>et al.</i>	Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population.	Environmental Research	2015	-
Pirani <i>et al.</i>	Analysing the health effects of simultaneous exposure to physical and chemical properties of airborne particles.	Environment International	2015	Inglaterra
Stansfeld; Shiple	Noise sensitivity and future risk of illness and mortality.	Science of The Total Environment	2015	Inglaterra
Steinle <i>et al.</i>	Personal exposure monitoring of PM2.5 in indoor and outdoor microenvironments.	Science of The Total Environment	2015	Escócia
Yang <i>et al.</i>	A study of adaptive thermal comfort in a well-controlled climate chamber.	Applied Thermal Engineering	2015	China

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: (-) Não especificado na metodologia

*Austrália, Grécia, Paquistão, Singapura, Tailândia, Reino Unido e EUA

** Austrália, Canada, Finlândia e USA

3.2.2 CAMPO DE PESQUISA E AMOSTRA

A pesquisa foi realizada nas UTIs direcionadas para o atendimento de adultos pertencentes à rede pública de saúde da cidade de João Pessoa/Paraíba/Brasil. O critério de

seleção foi baseado na perspectiva de manter uma homogeneidade das características do ambiente de pesquisa, tendo em vista que as UTIs da categoria “Adulto” apresentam características distintas das UTIs “Infantis”, em termos de layout, organização e aparato tecnológico, e baseando-se também na abrangência, tendo em vista 68,4% da UTIs do Brasil são direcionados para o atendimento de adultos (AMIB, 2010).

O estado da Paraíba consta atualmente com 42 UTIs cadastradas na Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB), portanto, este estudo abrange 21,4% da população. Para tanto, são campos de pesquisa as UTIs das unidades hospitalares evidenciadas no Quadro 10.

Quadro 10 - UTIs investigadas por hospital de João Pessoa

Hospital	Nº	Especialidade	Administração
Maternidade Frei da Damião (MFD)	1	Obstetrícia	Estadual
Hospital Senador Humberto Lucena (HTSHL)	2	Traumato-ortopedia	Estadual
Hospital Santa Isabel (HSI)	1	Geral	Municipal
Maternidade Cândida Vargas (MCV)	1	Obstetrícia	Municipal
Hospital de Ortopedia (HO)	1	Traumato-ortopedia	Municipal
Hospital Lauro Wanderley (HULW)	2	Geral	Federal
Hospital Edson Ramalho (HMER)	1	Geral	Estadual
TOTAL	9		

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

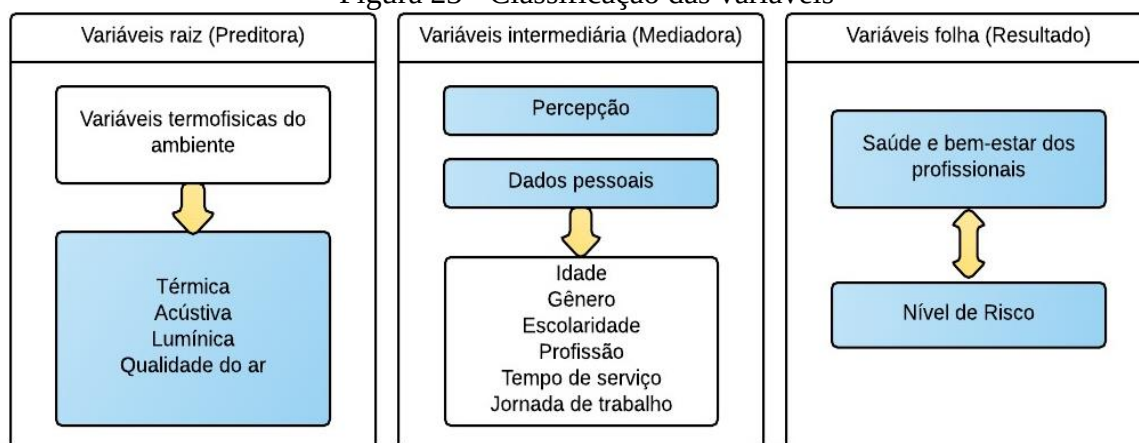
A amostra agrega profissionais que compõem a equipe assistencial do setor, a saber: médico plantonista, enfermeiro plantonista, fisioterapeuta plantonista e técnico de enfermagem, tendo como critério de inclusão o aceite formal a participação na pesquisa e a permanência mínima de seis horas no setor.

3.2.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS

As variáveis adotadas para a pesquisa estão expostas na Figura 23. Esclarece-se que a nomenclatura para classificação das variáveis estudadas adéqua-se à ferramenta estatística utilizada e comenta-se nos itens. Considerando a classificação dos riscos ocupacionais em categorias (descrito mais detalhadamente na seção 2.4) pode-se identificar os fatores de risco aqui abordados como de caráter físico.

As variáveis estudadas foram categorizadas segundo sua natureza preditora, mediador e resultado pretendido, classificação que será considerada na construção dos modelos em probabilidade.

Figura 23 - Classificação das variáveis



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

3.3 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) vinculada à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e aprovado no dia 01/07/2015 sob o número 1.133.163.

Baseando-se na resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, para os procedimentos de coleta de dados, os profissionais foram informados sobre o escopo da pesquisa e em seguida, em caso de aceite, foram orientados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 01).

3.4 COLETA DE DADOS

Em posse dos projetos arquitetônicos gráficos das UTIs estudadas, foi realizado um planejamento prévio da logística das mensurações, baseado nas orientações normativas para coleta de cada tipo de dado.

Nas unidades de análise, os dados foram coletados em três dias consecutivos, com mensurações nos turnos da manhã e tarde de maneira que englobe o período correspondente à jornada de trabalho (07:00 h – 19:00 h). As medições foram realizadas à margem dos leitos dos pacientes, que se figuram como postos de trabalhos dos profissionais do setor, e em espaços de apoio assistencial, a exemplo dos postos de enfermagem, através de equipamentos específicos, que serão detalhados a seguir.

3.4.1 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS

Para mensuração das variáveis térmica foi usado o instrumento “TGD 400” (*Instruterm*). O aparelho de coleta foi calibrado, e respeitando o tempo mínimo de adaptação

de 30 minutos, foi então posicionado em pontos fixos previamente selecionados na sala, considerando o posicionamento dos condicionadores de ar, de maneira a não dificultar a mobilidade dos profissionais e não ficar próximo às portas, janelas ou condicionadores de ar. Para tanto, foram adotadas as recomendações de coleta expressas na norma ISO 7730:2005 e ISO 7726:2005.

As medições foram realizadas com intervalos de 1 minuto e os parâmetros classificados como grandezas envolvidas na avaliação do conforto térmico foram: Temperatura de globo (°C); Temperatura de bulbo seco (°C); Temperatura de bulbo úmido (°C); Umidade Relativa do Ar (%), considerando a Velocidade Relativa do Ar (m/s). Além de variáveis pessoais como taxa metabólica (w/cm^2), isolamento térmico das vestimentas (Clo) (ANEXO 01), percepção e preferência térmica (APÊNDICE 03 e 04; ANEXO 03).

Para obtenção dos índices PMV e PPD, foram considerados como taxa metabólica os valores de 1,2 METs para os profissionais de UTIs localizadas nas dependências de maternidades e 1,6 METs para os profissionais das demais instituições (VERGARA, 2001), considerando o nível da atividade de cada profissional do setor, tendo em vista que as maternidades possuem um menor fluxo de pacientes e conseqüentemente menor demanda ocupacional.

3.4.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS ACÚSTICAS

Para avaliação do ruído foi utilizado o instrumento de coleta Decibelímetro DEC 5000 (*Vectus*). Foram considerados os dados relativos ao nível de pressão sonora (ponderação “A” com circuito de resposta lenta – *Slow*) para medição de ruído contínuo ou intermitente), assim como as dimensões temporais do ruído obtidas através do nível sonoro contínuo equivalente (L_{Aeq}) e dose de ruído (obtido através das equações previstas na NHO 01).

A fim de manter mensurações mais fidedignas e que sejam condizentes com a realidade, que não sejam afetadas pelo comportamento dos profissionais, e em consonância com a metodologia adotada por Sampaio Neto *et al.* (2010) as mensurações relativas ao ruído não foram informadas aos profissionais. Contudo, em alguns casos, em virtude da aparência do instrumento de medição, os profissionais intuitivamente identificaram a natureza da medição.

As medições foram executadas a uma distância de no mínimo 1 metro de quaisquer superfícies como paredes, teto, piso e móveis, e a uma altura correspondente à média de altura do conduto auditivo dos trabalhadores. Foi considerado como nível de pressão sonora o resultado da média aritmética dos valores medidos em pelo menos três posições distintas,

afastadas entre si em pelo menos 0,5 metros de distância, conforme recomendações da NBR 10151 (BRASIL, 2000).

3.4.3 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS LUMÍNICAS

As leituras dos níveis de iluminância (lux) foram realizadas em dias não chuvosos através do instrumento de medição Luxímetro (*Phywe*). As posições de medição situaram-se a uma distância de no mínimo 1 metro das paredes ou outras superfícies refletoras, 1,5 metros das janelas e portas e a distância do solo foi estabelecida conforme a altura em que o trabalho é executado, sendo estabelecido o valor de 1 metro. As coletas obedeceram às recomendações da ISO 8995:2013.

As medições foram realizadas nas proximidades do leito dos pacientes, posto de enfermagem e local de preparo da medicação, sendo estes os postos de trabalho e/ou “área de tarefa”, e também no entorno imediato de tais locais, sendo uma medição no turno da manhã (9 - 10hrs), tarde (13 - 14hrs) e no início da noite (~18hrs) em UTIs com iluminação natural.

Além dos valores relativos à iluminância, foram registradas as características de esquema de cores, presença e localização da incidência de luz natural, registradas em diário de campo (APÊNDICE 05).

3.4.4 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar é afetada por uma variedade de componentes como, por exemplo, NO₂, O₃ ou SO₂ entre outros, e como evidenciado na revisão bibliográfica, os efeitos à saúde podem estar associados. Assim, tentar identificar isoladamente os efeitos de determinados componentes aéreos sobre a saúde pode gerar dupla contagem.

Partindo desse pressuposto, em corroboração com as pesquisas de Pope e Dockery (2006), Tang *et al.* (2014) e Kim *et al.* (2015b), decidiu-se optar pela avaliação das concentrações de partículas sólidas suspensas no ar (PM) como um indicador, por apresentar efeitos adversos mais significativos em comparação a outros tipos de compostos aéreos. Mais especificamente, serão abordadas as PMs com diâmetro $\leq 2,5\mu\text{m}$ (PM_{2,5}).

Para coleta da contagem de número de partículas (CNP) foi usado o instrumento de medida *Fluke 983*. O aparelho de coleta foi calibrado e então posicionado em pontos fixos previamente selecionados na sala, com posicionamento na altura em que o trabalho é executado (de 1 a 1,2 metros) e seguiu as recomendações de coleta expressos na NHO 08 (BRASIL, 2009).

Conforme método utilizado por Zhao e Wu (2009) e Quadros *et al.* (2009), as salas com formato irregular foram divididas em setores para possibilitar a regularização da área em retângulos. As medições foram realizadas de forma pontual, com número de pontos de coleta mínimo admitido pela Equação 5 (Onde: a = área do setor em m^2), com cinco mensurações em cada ponto, conforme recomendação da ISO 14644-1:2005.

$$N^{\circ} \text{ pontos} = \sqrt{a} \quad (5)$$

Em posse dos dados de campo, e a fim de obter a massa de concentração de partículas no ambiente dada em $\mu g/m^3$, aplicou-se a função proposta por Semple *et al.* (2013) e Steinle *et al.* (2015) (EQUAÇÃO 6 - Onde: CNP = Contagem de número de partículas).

$$PM_{2,5} = 0.65 + 4.16 \times 10^{-5} \times [CNP] + 1.57 \times 10^{-11} \times [CNP]^2 \quad (6)$$

Foi adotado como padrão de referência para avaliação da qualidade do ar as orientações Organização Mundial da Saúde (WHO, 2013), *Environmental Protection Agency* (EPA, 2012) e da resolução nº 09 da ANVISA, que definem as orientações técnicas referentes aos indicadores de qualidade do ar.

3.4.5 MENSURAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO PROFISSIONAL

As variáveis relativas à percepção e satisfação do profissional como as variáveis termoambientais foram coletadas através de questionários específicos para cada tipo de percepção (ANEXOS 2 - 6). Os anexos 2 e 4 foram baseados no questionário MM040 NA Hospital - *Indoor Climate in Hospital/Health Care Establishment* (ÖREBRO UNIVERSITY HOSPITAL, 2007).

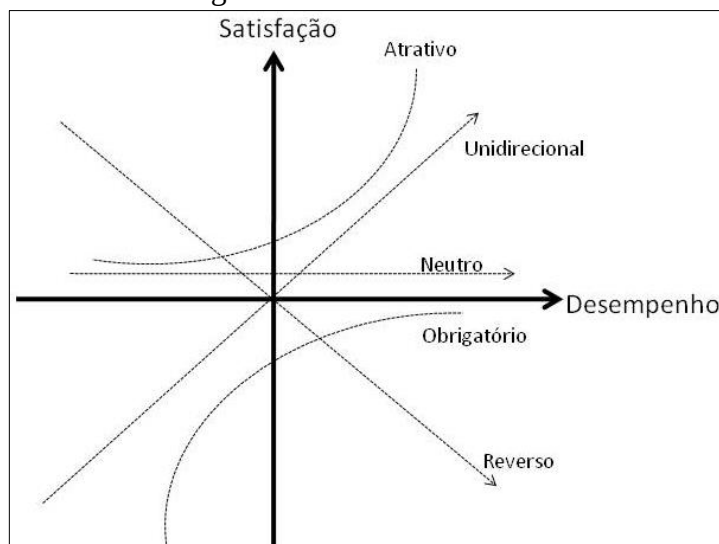
A avaliação do conforto humano e satisfação individual foi realizada através da aplicação do questionário Kano (ANEXO 03). O referido modelo foi indicado por Fekry *et al.* (2014) para avaliação de prioridades de requisitos de conforto ambiental e satisfação.

A ideia do modelo é classificar os atributos do “produto” (o modelo foi desenvolvido inicialmente para o setor comercial) em categorias, e a partir disto identificar o desempenho em função da satisfação do usuário (ROOS *et al.*, 2009). O atributo/variável de conforto pode ser classificado em (FIGURA 24):

- I. Atrativo (A) – Alto desempenho resultará em satisfação, porém baixo desempenho não resulta em insatisfação;
- II. Unidirecional (U) – A satisfação é proporcional ao grau de desempenho;

- III. Neutro (N) – Não resulta em satisfação ou insatisfação;
- IV. Reverso (R) – Alto desempenho resulta em insatisfação e vice-versa;
- V. Obrigatório (O) – baixo desempenho resultará em insatisfação, porém alto desempenho não resultará em satisfação;
- VI. Questionável (Q) – Usuário não consegue responder.

Figura 24 - Modelo de Kano



Fonte: Roos *et al.* (2009) *apud* Löfgren e Witell (2005)

Desta forma, os atributos de conforto ambiental com maior poder de influência sobre o profissional podem ser identificados, e para tanto, existe três formas de avaliação: (1) Baseada na frequência da resposta; (2) Baseada na regra “obrigatório > unidirecional > atrativo > neutro” caso a classificação por frequência seja dúbia e haja dúvidas quanto à categoria correta; (3) Baseada no coeficiente de satisfação e insatisfação, dada pelas Equações 7 e 8, uma vez que a geração de um número próximo a 1 denota grande influência na satisfação e a positividade indica uma relação proporcional (MATZLER *et al.*, 1996).

$$\text{coeficiente de satisfação} = \frac{\%A + \%U}{\%A + \%U + \%O + \%N} \quad (7)$$

$$\text{coeficiente de insatisfação} = \frac{(\%O + \%U) \times (-1)}{\%A + \%U + \%O + \%N} \quad (8)$$

A aplicação dos questionários foi realizada durante horário de expediente do profissional, com instruções prévias fornecidas pelo aplicador. Priorizou-se aplicador único

para toda a amostra, a fim de que não ocorresse duplicidade de informações durante as orientações de preenchimento dos questionários.

3.4.6 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SAÚDE E BEM-ESTAR DOS PROFISSIONAIS

Os dados relacionados à saúde e bem-estar dos profissionais foram coletados a partir questionário específico (APÊNDICE 02), considerando-se também a experiência profissional, quantidade de horas trabalhadas, pausa para descanso e estilo de vida do profissional.

O questionário de condições de saúde e bem-estar (APÊNDICE 02) foi construído baseado na revisão bibliográfica e MM 040 NA Hospital - *Indoor climate in Hospital/Health Care Establishment* (ÖREBRO UNIVERSITY HOSPITAL, 2007), e contempla apenas sinais e sintomas indicados por publicações prévias como resultados da exposição ambiental.

Salienta-se que em todos os questionários aplicados preza-se pelo sigilo da identidade do entrevistado.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos em campo foram inicialmente tabulados no *software* Microsoft Excel® considerando o local e dia de coleta. A análise dos dados foi dividida em duas etapas, descritas a seguir.

3.5.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A amostra foi caracterizada através de medidas de tendência central e de dispersão através do *software* SPSS versão 20. Dados muito distantes das demais observações e que, portanto, não caracterizam a realidade do ambiente, foram analisados e se considerados dados espúrios foram retirados da amostra. Estes seriam, segundo Devore (2006, p.37), “qualquer observação mais distante do que 1,5 vezes o intervalo interquartil é um *outlier*”. Assim, através das equações 9 e 10 (DEVORE, 2006) foi possível identificar o nível de exposição para cada UTI, que será considerado para construção das RBs.

$$1^{\circ} \text{ quartil} - (1,5 \times \text{Intervalo interquartil}) \quad (9)$$

$$3^{\circ} \text{ quartil} + (1,5 \times \text{Intervalo interquartil}) \quad (10)$$

Portanto, os *outliers* considerados como dados espúrios na análise foram retirados da amostra, e que, portanto, não representam o real cenário de exposição do ambiente.

3.5.2 CONSTRUÇÃO DOS MODELOS PROBABILÍSTICOS

A estruturação da modelagem matemática foi realizada a partir da construção de Redes Bayesianas (RB) usando o *software* “Netica Bayesian Network” (www.norsys.com) com o objetivo de obter um valor representativo da exposição ao risco derivado de fatores ambientais.

A sequência para construção das RBs segue as especificações descritas na seção 2.5, estruturada segundo identificação o cenário de risco, estimação dos parâmetros qualitativo e quantitativo, e por fim, a validação da RB.

a. Identificação do cenário de risco

Os fatores de risco considerados neste estudo são os de caráter termoambientais, considerando o ambiente construído interno. As técnicas de obtenção dos dados foram descritas na seção 3.4.

A caracterização do cenário de risco foi feita através de publicações prévias, a exemplo de García-Herrero *et al.* (2012a), Azizpour *et al.* (2013), Tziaferi *et al.* (2011; 2013), e também através de observações de campo, quando foi possível identificar os pressupostos que regulam a relação entre as variáveis, a saber:

- Pressuposto I – As variáveis termoambientais podem afetar os padrões de saúde e bem-estar da população estudada;
- Pressuposto II – As variáveis termoambientais geram a sensação perceptiva que pode interferir nas condições de saúde e bem-estar dos indivíduos.

A partir de então foi possível caracterizar o problema sob seu aspecto teórico, servindo como base para construção das fases subsequentes.

Em decorrência da grande quantidade de dados considerado na análise, e para evitar que a RB se torne demasiadamente complexa, foi construída uma RB de caráter geral considerando as quatro dimensões de conforto ambiental e suas respectivas percepções, e em seguida uma rede para dada dimensão de conforto foi construída considerando variáveis adicionais de percepção que não puderam ser incluídos na rede global.

b. Definição dos nós e estados

Os nós são representados pelas variáveis termoambientais, de percepção e de saúde e bem-estar. Cada nó apresenta um indicador que define o valor dos estados, por exemplo, os estados dos nós conforto térmico são categorizados a partir de valores do índice PMV (QUADRO 11). Foi preconizado o menor número de estados possível na perspectiva de

otimizar a estimação dos dados e também tomando como base publicações e normatizações prévias.

Quadro 11 - Nós e estados da Rede Bayesiana Global

Nó	Indicador	Estados	Referência
Conforto Térmico	PMV	Neutro Levemente Frio Desconforto	ISO 7730
Percepção térmica	Condição auto-referida de conforto	Confortável Levemente desconfortável Desconfortável Muito desconfortável	ISO 10551
Ruído	Nível de ruído contínuo equivalente (LAeq)	≤62 dBA >62 dBA	Dados
Percepção acústica	Avaliação individual atmosférica	Incomodo Não incomodo	Örebro University Hospital (2007)
Iluminação	Iluminância	<100lx ≥100lx	ISO 8995:2012
Percepção luminosa	Avaliação luminosa individual	Satisfação Insatisfação Neutralidade	Dianat et al. (2013)
Qualidade do ar	Concentração de PM _{2.5}	≤80 µg/m ³ 81 a 150 µg/m ³ >150 µg/m ³	EPA (2012); WHO (2013); ANVISA (2003)
Percepção atmosférica	Avaliação individual atmosférica	Bom Aceitável Ruim	Universidade Cornell (2011)
Sintomas psicológicos	Manifestação de sinais e/ou sintomas de caráter psicológico	≥4 sintomas <4 sintomas	Dados
Sintomas físicos	Manifestação de sinais e/ou sintomas de caráter físico	≥6 sintomas <6 sintomas	Dados

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

c. Estimação dos parâmetros estruturais da RB

A construção das RBs foi realizada de maneira escalona e hierárquica e seguindo os pressupostos e caracterização do problema previamente considerados. Introduziu-se inicialmente os nós-raiz (variáveis termofísicas), seguido dos nós intermediários (variáveis perceptivas) e dos nós folha (sinais e sintomas de saúde).

Para identificação do GAD que potencialize a estimação dos parâmetros quantitativos do modelo um teste de independência condicional foi realizado, identificando a relação de dependência entre cada variável do modelo. Para tanto, foi usando a medida de “informação mútua (*Mutual Information* - IM)” em que, caso o seja $IM > 0$, os nós testados são informativos um para o outro, isto é, são dependentes, caso contrário são independentes. Tal teste foi

realizado no *software* Netica, através da aplicação do Algoritmo de Aprendizagem Estrutural “TAN” que permitiu a análise de interação entre as variáveis.

A estrutura criada pelo algoritmo de aprendizagem foi analisada com relação a sua adequação ao problema e, caso necessário, a partir do conhecimento de publicações prévias, do problema e das observações de campo, informações adicionais foram implementadas à rede.

Os GADs identificados passaram por um processo de calibração, onde avaliou-se a sensibilidade e especificidade do modelo (QUADRO 12), e consequente capacidade para a previsão da ocorrência sintomatológica. Tais indicadores possibilitaram chegar em um GAD mais adequado para previsões.

Quadro 12 - Testes de calibração do modelo

Calibrador	Conceito	Função
Sensibilidade	Probabilidade do teste sob investigação fornecer resultado positivo-verdadeiro.	$P(T D) = \frac{a}{(a + c)}$
Especificidade	Probabilidade do teste sob investigação fornecer um resultado negativo-verdadeiro.	$P(\bar{T} \bar{D}) = \frac{d}{(b + d)}$

Fonte: Daniel (2009)

Legenda: T = teste; D = doença; a = Casos em que o teste foi positivo na ocorrência da doença; b = Casos em que o teste foi positivo na ausência da doença; c = Casos em que o teste foi negativo na presença da doença; d = Casos em que o teste foi negativo na ausência da doença.

d. Estimação dos parâmetros numéricos da RB

Identificado o GAD, o próximo passo foi realizar as estimações das tabelas de probabilidade condicional (Inferências da RB), que segundo Scutari e Denis (2015), em RBs discretas, como é o caso, “os parâmetros para estimar são as probabilidades condicionais nas distribuições locais”, podendo ocorrer por frequências empíricas correspondentes no conjunto de dados usando para tanto os moldes da Equação 3 (seção 2.5.1).

O *software* utilizado para a criação das RBs dispõe de três algoritmos de aprendizagem paramétrica: “*counting-learning*”; “*expectation-maximization*” e “*gradiente-descente*”. Usou-se para tanto o Algoritmo de Inferência “*counting-learning*”.

e. Validação da RB

A validação foi realizada através de testes que indiquem a capacidade de previsão e diagnóstico do modelo e, nos modelos probabilísticos aqui propostos, utilizou-se os indicadores expostos no Quadro 13.

A curva ROC é gerada a partir dos valores de sensibilidade e especificidade da estimação. A partir da área sob a curva pode-se ter um indicador do desempenho da rede. Valores a partir de 0,7 indicam uma boa capacidade para prever resultados (MARTINEZ *et al.*,

2003). García-Herrero *et al.* (2012a) utilizou-se desta metodologia para validação da análise de risco ocupacional através das RBs.

Quadro 13 - Indicadores de desempenho e ajuste do modelo

Indicador	Conceito
Valor preditivo positivo	Probabilidade de que a amostra manifeste o evento de interesse dado que o teste indicou que tal evento aconteceria.
Valor preditivo negativo	Probabilidade de que a amostra não manifeste o evento de interesse dado que o teste indicou que tal evento não aconteceria.
Área sob a curva ROC	Representação gerada pela relação entre a Sensibilidade e a probabilidade complementar da Especificidade. Admite-se valores $\geq 0,7$
Taxa de erro	Porcentagem do erro gerado nas previsões.
Perda logarítmica	Grau de propagação de valores preditos entre as alternativas dos estados. Mais próxima a zero indica o melhor desempenho
Perda quadrática	Grau de propagação de valores preditos entre as alternativas dos estados. Mais próxima a zero indica o melhor desempenho
Recompensa esférica	Grau de propagação de valores preditos entre as alternativas dos estados. Mais próxima a 1 indica o melhor desempenho

Fonte: Puga (2012); Norsys Software Corporation (2015); Daniel (2009); Martinez *et al.* (2003).

Os indicadores de “perda logarítmica”, “perda quadrática” e “recompensa esférica” são medidas sensíveis da precisão das previsões da Rede Bayesiana (AXELRAD *et al.* 2013) e consideram os níveis de crença dos estados para determinar o quão bem eles concordam com o valor real (PUGA, 2012). Segundo Pourret *et al.* (2008, pp.138) são “... o grau de propagação de valores preditos entre as alternativas dos estados”.

f. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada checando quais as variáveis que teriam maior impacto sob o resultado final. Foi feita através do manuseio de variáveis individuais, duplas de variáveis correspondentes e por análise de cenário de risco, onde foi verificado o cenário mais provável para o surgimento de determinados estados.

Concluindo todo o trabalho de pesquisa, bem como a forma como foi feita a análise dos dados e informações coletadas, apresenta-se no capítulo subsequente os resultados e discussão.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa de campo, bem como as análises dos dados, segundo os métodos adotados. No primeiro momento, abordar-se o levantamento bibliográfico (Seção 11.1) expondo de forma quantitativa e qualitativa os resultados de cada fase de busca. Em seguida, as características do campo de pesquisa (Seção 11.2) e perfil da

amostra (Seção 11.3) fornecerão uma visão geral do objeto de estudo, possibilitando a partir de então expor descritivamente cada variável ambiental (Seções 11.4 a 11.7), assim como características perceptivas (Seção 11.8) e de saúde (Seção 11.9) da amostra estudada.

Por último, e considerando os dados apresentados nas seções anteriores, serão analisados e discutidos os modelos de Redes Bayesianas (Seção 11.10) buscando identificar os riscos provindos da exposição a cada fator ambiental, assim como seus padrões de percepção, possibilitando formular cenários de risco através da interação de múltiplas variáveis.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA

As coletas foram realizadas em nove UTIs públicas da cidade de João Pessoa/Paraíba/Brasil, entre os dias 20 de julho a 29 de agosto de 2015. As características de cada unidade de análise são destacadas no Quadro 13. Salienta-se que a quantidade de profissionais do setor corresponde apenas aos profissionais fixos, não contando assim com estudantes ou profissionais externos a serviço momentâneo da UTI, tais como radiologistas, farmacêuticos, técnicos laboratoriais, entre outros. Ademais, a ocupação (O), identificada no Quadro 13, refere-se à quantidade de pacientes internos no setor.

Quadro 14 - Características das UTIs avaliadas

UTI	Data	m ²	QL	O	QE	Iluminação	SAC	AT
1	20 a 23 de ago.	140,3	6	3	5	Predominantemente artificial	Split	7
2	24 a 26 de ago.	110,2	7	3	8	Predominantemente artificial	Split	11
3	29 a 31 de ago.	251,8	18	18	16	Artificial + natural	Central + Split	61
4	03 a 05 de set.	112,2	8	7	7	Predominantemente artificial	Split	40
5	06 a 08 de set.	141,6	10	9	8	Predominantemente natural	Split	31
6	11 a 14 de set.	78	6	5	6	Predominantemente natural	Split	14
7	17 a 20 de set.	114,7	7	7	7	Artificial	Central	23
8	24 a 26 de set.	116,8	6	6	10	Artificial + natural	Central + Split	23
9	27 a 29 de set.	116,8	7	7	10	Artificial + natural	Central + Split	29

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: QL = Quantidade de leitos; O = Ocupação; QE = Quantidade de profissionais; SAC = Tipo de sistema de condicionamento do ar; AT: Aparato tecnológico.

A Figura 25 corresponde às duas das UTIs investigadas e foram captadas nos respectivos dias coleta. Nota-se em especial, a alta taxa de ocupação de profissionais, as variações nos níveis de iluminância e na figura à direita o ar condicionado ao final do corredor proporciona variações de temperatura.

Figura 25 - Campo de pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

4.2 PERFIL DA AMOSTRA

Foram entrevistados um total de 128 profissionais, sendo 103 mulheres e 25 homens. A amostra contou com 10 médicos (7,8%), 23 enfermeiros (18%), 26 fisioterapeutas (26%) e 69 técnicos de enfermagem (53%). As características da amostra estudada estão dispostas com mais detalhes no Tabela 13.

A média de idade foi inferior aos estudos internacionais. Magnavita *et al.* (2011) apontou uma média de idade de 44 anos ($\pm 8,9$ anos), com média de tempo de trabalho de 11,8 (± 9 anos) anos para população italiana. Logo, tem-se profissionais jovens e com pouco tempo de trabalho no setor estudado.

Dentre as respostas válidas (questões com resposta e legíveis), identificou-se que 46,9% da amostra atua em uma carga horária semanal superior a 45h, considerando apenas a atuação profissional realizada no setor hospitalar e de assistência direta ao paciente. Ademais, 38,3% dos indivíduos trabalham em mais de um UTI, sendo que 65,6% trabalham em três turnos. Tais resultados foram semelhantes as investigações na população Taiwanesas, no qual as enfermeiras trabalhavam em média $50 \pm 0,18$ h por semana (CHIOU *et al.*, 2013). Portanto, tem-se uma amostra com indivíduos em sua maioria mulheres jovens, com alta carga horário de trabalho e uso frequente de medicação de classes farmacológicas variadas.

Tabela 13 - Perfil da amostra

		n	%	Média	Mediana	DP
Sexo	Feminino	103	80,5%			
	Masculino	25	19,5%			
Idade				35,5	34	$\pm 8,2$
Altura				1,64	1,63	0,0867
Peso				72,4	70	18,2
IMC				26,8	25,6	5,6
Tempo de serviço				7,4	5	5,9

Continuação			
	n	%	
Profissão			
Médico	10	7,8	
Enfermeiro	23	18	
Fisioterapeuta	26	20,3	
TEC	69	53,9	
Carga horária semanal			
Até 20hrs	2	1,6	
Até 30hrs	31	24,2	
30 a 45hrs	35	27,3	
45 a 50hrs	30	23,4	
+60hrs	30	23,4	
Nº UTIs			
Trabalha em 1 UTI	77	61,1	
Trabalha em 2 UTI	41	32,5	
Trabalha em 3 UTI	5	4	
Trabalha em 4 UTI	2	1,6	
Trabalha em 5 UTI	1	0,8	
Turnos			
Apenas pela manhã	9	7	
Apenas pela tarde	5	3,9	
Manhã e tarde	27	21,1	
Manhã tarde e noite	84	65,6	
Apenas noite	3	2,3	
Estilo de vida			
Tabagista	8	6,5	
Etilista	2	1,6	
Prática de exercícios	46	36,2	
Problemas de saúde	29	22,8	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: IMC = Índice de Massa Corpórea (Peso/altura²); TEC = Técnico de enfermagem

4.3 ANÁLISE DE SITUAÇÃO DE TRABALHO NAS UTIs

4.3.1 CONFORTO TÉRMICO NAS UTIs

Foi obtido um total 12.021 medições, onde as médias e desvios-padrões estão listados na Tabela 14. Nos dados verificou-se os índices individuais de PMV. a partir dos quais foi possível fazer a média para cada UTI investigada.

Tabela 14 - Média e desvios-padrões das variáveis térmicas

UTI	Data	Ta (°C)	U (%)	Trm (°C)	PMV
1	20/07	19,9 ± 0,5	85,8 ± 1,6	20,03 ± 0,5	-1,17
	21/07	19,2 ± 0,4	84,9 ± 2,1	19,4 ± 0,4	-1,73
	22/07	18,7 ± 0,7	84,2 ± 1,5	18,8 ± 0,6	-0,75
2	24/07	22,9 ± 0,4	77,2 ± 1,9	22,9 ± 0,4	-1,14
	25/07	23,1 ± 0,5	77,9 ± 2,5	23,1 ± 0,4	-0,83
	26/07	22,3 ± 0,4	76,4 ± 1,3	22,4 ± 0,4	-0,3
3	29/07	20,8 ± 1,5	79,01 ± 4,3	20,8 ± 1,4	-0,49
	30/07	21,5 ± 1,8	74,8 ± 4,3	21,6 ± 1,7	-0,49
	31/07	20,9 ± 1,7	77,9 ± 5,2	20,9 ± 1,6	-0,37

<i>Continuação</i>					
UTI	Data	Ta (°C)	U (%)	Trm (°C)	PMV
4	03/08	20,5 ± 0,5	81,3 ± 1,7	20,6 ± 0,5	-0,305
	04/08	20,4 ± 0,3	82,7 ± 1,7	20,4 ± 0,2	-0,23
	05/08	20,1 ± 0,2	81,9 ± 1,7	20,2 ± 0,2	-0,38
5	06/08	19,3 ± 2,1	78,7 ± 6,3	18,7 ± 0,9	-1,07
	07/08	20,8 ± 1,8	80,9 ± 5,5	20,6 ± 2,6	-0,82
	08/08	19,9 ± 1,5	78,8 ± 5,01	20,3 ± 1,4	-0,55
6	11/08	22,1 ± 1	77,9 ± 4,01	22,2 ± 1	-0,38
	12/08	22,2 ± 1,1	83 ± 3,01	22,3 ± 1,02	-0,13
	14/08	21,8 ± 1,2	83,5 ± 3,7	21,9 ± 1,2	0,61
7	17/08	22,9 ± 0,4	75,9±2,4	22,9 ± 0,3	-0,03
	18/08	21,9 ± 0,5	77,6±1,5	21,9 ± 0,21	-0,37
	20/08	22,01 ± 0,5	74,2±2,2	21,9 ± 0,5	-0,12
8	24/08	22,3 ± 0,9	75,7 ± 2,9	22,4 ± 0,9	-0,08
	25/08	23,4 ± 0,6	74,3 ± 2,2	23,3 ± 0,6	0,11
	26/08	22,9 ± 0,9	74,8 ± 2,3	22,9 ± 1,05	0,16
9	27/08	21,6 ± 1,03	75,3 ± 3,8	21,6 ± 1,1	-0,11
	28/08	22,1 ± 1,02	77,9 ± 2,8	22,1 ± 1,1	-0,35
	29/08	21,8 ± 1,1	76,8 ± 3,6	21,8 ± 1,2	-0,19

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: Ta = temperatura do ar; U = Umidade relativa do ar; Trm = temperatura média radiante; Tc = temperatura estimada para o conforto

Observa-se que a temperatura do ar nas UTIs apresentou-se a um intervalo entre 18 e 23°C, com variações diárias prevalentemente inferiores a 2°C. Essas temperaturas, associadas à excessiva umidade relativa (U), proporcionaram uma sensação térmica estimada (PMV) preferencialmente entre a neutralidade e a sensação levemente fria. Ademais, a temperatura média radiante (TRM), por apresentar valores similares à temperatura do ar, demonstra a ausência de fontes significativas de radiação para geração de calor no ambiente, podendo-se, portanto, classificar as unidades de análise como ambientes termoneutros, porém, a margem de padrões higiênicos estipulados para o local, considerando a umidade relativa.

Em ambientes hospitalares a temperaturas do ar, umidade relativa e velocidade do ar devem estar, respectivamente, em intervalos de 20 a 26°C, 35 a 65% e inferior a 0,25m/s (ANVISA, Resolução nº9/2003). Porém, em todos os casos os valores de umidade relativa e velocidade do ar foram superiores as normatizações técnicas. No caso da umidade, o menor valor obtido em campo foi muito próximo ao limite superior das recomendações normativas (62,6%), sendo que a velocidade do ar variou entre 0,3 e 0,7 m/s.

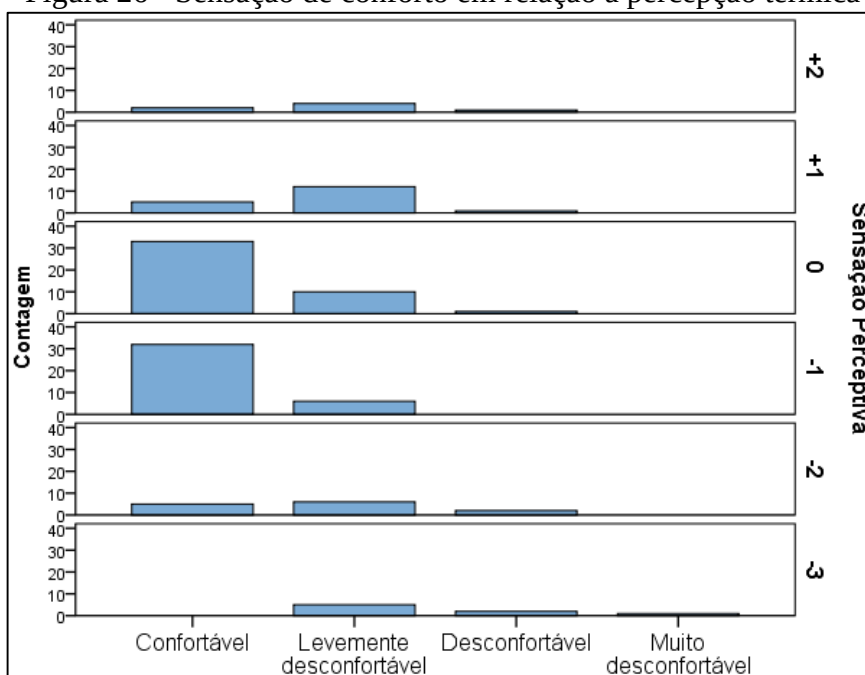
Valores tão aquém das especificações podem ser explicados pela logística inadequada da maneira como o condicionamento do ar é realizado. Geralmente, os setores mantinham um único condicionador de ar para toda a UTI, que nesse caso obrigada a manter velocidades do ar

superior as recomendações para atingir regiões mais distantes, ou no caso de mais de um condicionador de ar, os mesmos eram posicionados de maneira inadequada criando regiões térmicas e variações de temperatura de até 1°C.

As maiores variações de temperatura (TABELA 14) foram observadas nos setores onde houve, respectivamente, maior quantidade iluminação predominantemente natural, decorrente da influência da entrada de luz sob os parâmetros térmicos, seguida da UTI de maiores dimensões arquitetônica e maior taxa de ocupação, que neste caso é influenciado pelo fluxo de pessoas e capacidade do sistema em compensar as dimensões do espaço.

Em relação a sensação térmica perceptiva dos profissionais, 34,4% da amostra avaliou o ambiente como neutro, 60,1% afirmou sentir-se confortável e 43,7% afirmam que não necessitariam de mudanças na temperatura para que se mantenham em conforto. A Figura 26 apresenta a sensação perceptiva em relação à sensação de conforto, a partir da qual pode-se notar que os indivíduos que se autodeclaram em estado de conforto térmico estão agrupados segundo uma sensação perceptiva térmica, na categoria neutra (0) ou levemente fria (-1).

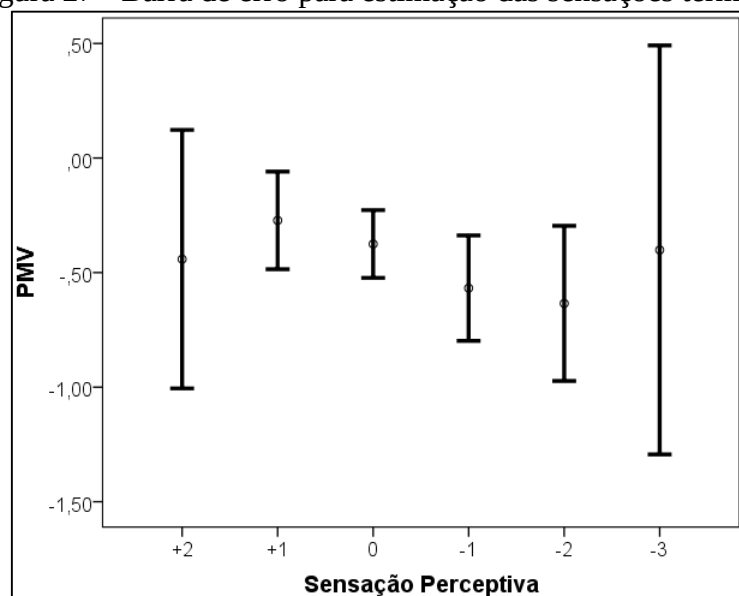
Figura 26 - Sensação de conforto em relação à percepção térmica



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Ao comparar os índices de PMV às sensações perceptivas (FIGURA 27), verifica-se que há uma tendência de subestimação das sensações térmicas para a amostra, especialmente quando a sensação se aproxima dos limiares mais extremos.

Figura 27 - Barra de erro para estimação das sensações térmicas



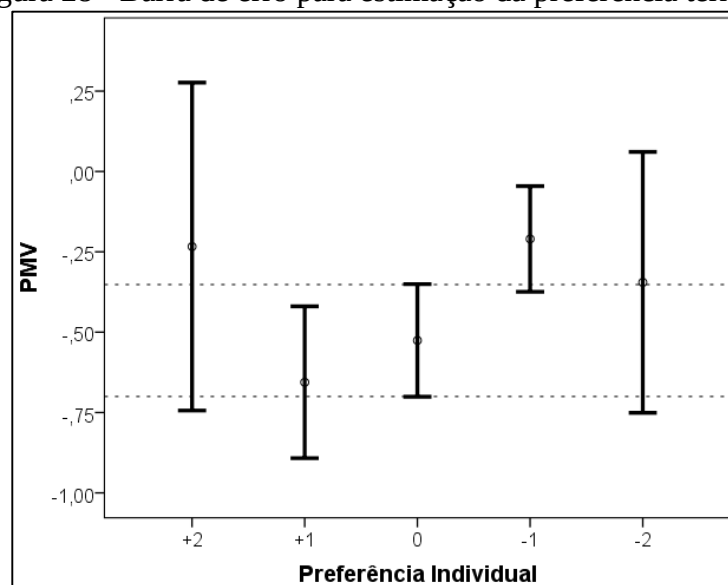
Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Observa-se que quando a sensação foi neutra (0) a estimação do PMV se manteve fidedigna por enquadrar-se completamente dentro do limiar de conforto térmico (0,5 a -0,5), porém, quando a sensação sai dos limiares de neutralidade e se estende para sensações de frio ou calor, o índice PMV apresentou uma tendência maior ao erro, por exemplo, quando a sensação perceptiva foi levemente quente (+1) a estimação do PMV enquadrava a sensação dentro da neutralidade.

A preferência individual indica como os indivíduos gostariam de estar se sentindo quanto as suas sensações térmicas. O valor “0” indica que o indivíduo não necessita de mudanças na temperatura do ambiente para se manter confortável. A Figura 28 faz uma analogia entre tais preferências e o índice PMV. Como pode-se observar, os indivíduos que afirmaram preferir a temperatura “como está (0)” estão situados em uma faixa de transição entre um índice PMV levemente frio e de conforto, revelando uma tendência de conforto em ambientes que geram sensações térmicas relativa ao PMV entre -0,35 e -0,7 (linhas pontilhadas da figura 28).

Ademais, observa-se na Figura 28 que nos casos em que o PMV é superior a -0,5 a preferência térmica voltou-se para ambientes um pouco mais frios (-1) e, em contrapartida, quando o PMV se aproximou de -0,75 a preferência foi para um ambiente um pouco mais aquecido (+1). Novamente, os maiores erros estão em sensações mais extremas.

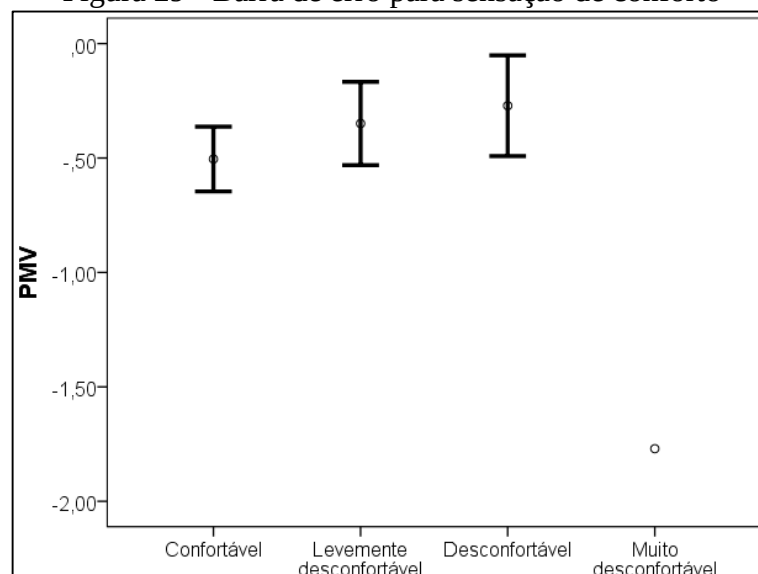
Figura 28 - Barra de erro para estimação da preferência térmica



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A sensação de conforto nesse grupo de indivíduos parece estar ligada às temperaturas que ofereçam sensações térmicas levemente frias estimadas a partir do PMV. Na Figura 29, observa-se que quanto mais o PMV aproxima-se do “0” maior a tendência em gerar sensação de desconforto, enquanto que o conforto gerou PMV mais negativo, e, além disto, nas sensações “levemente desconfortável” e “desconfortável” houve maior amplitude de erro.

Figura 29 - Barra de erro para sensação de conforto



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Tais resultados corroboram com pesquisas anteriores, que revelaram que em regiões geográficas quentes e úmidas há uma tendência na manutenção de conforto quando o ambiente é considerado “levemente frio” (HWANG *et al.*, 2009). Yao *et al.* (2009) esclarece que o PMV

superestima a sensação térmica real, especialmente em temperatura mais elevadas, levando a uma necessidade de reformular a amplitude da zona de conforto, direcionado para as regiões climáticas em questão. As temperaturas que oferecem uma zona de conforto orientada pelas normas, em localizações com o tipo de clima referido podem ter uma ampliação de cerca de 1,6°C. O ajustamento considera o peso da aclimação nos indivíduos que tem como experiência prévia um clima temperado.

Observando as tendências das preferências e sensações, cabe identificar a temperaturas que ofertam conforto ao grupo em questão. A equação 11, obtida através de um modelo de regressão linear, com o p-valor de 0,000 ($r^2 = 0,119$), permitiu identificar a temperatura que ofereça conforto ao grupo em questão. A temperatura de 23,2°C foi a estimada para manutenção de sensações neutras, semelhantemente, Azizpour *et al.* (2013) ao pesquisar hospitais localizados em zonas quentes e úmidas identificou a temperatura de 23,4° como a ideal para manutenção da neutralidade térmica, contudo, observou-se que a percepção de conforto está atrelada às sensações levemente frias, o que corresponderia a uma temperatura de 18,8°C. Assim, tem-se que para o grupo estudado a faixa de temperatura entre 18,8 e 23,2°C proporciona conforto.

$$Temperatura = \frac{(-5,329 - Sensação)}{0,23} \quad (11)$$

Entretanto, existe diversas variáveis que afetam a variabilidade da temperatura ideal para conforto, pois, as sensações térmicas e índice PMV podem variar ao longo dos horários do dia, ou ainda da atividade executada. Em regiões com mais alta temperatura e incidência solar, como é o caso da cidade de João Pessoa, o turno da tarde pode apresentar índices PMV mais positivos e mais distantes do intervalo de neutralidade, especialmente nos casos em que há iluminação natural (POURSHAGHAGHY; OMIDVARI, 2012).

Assim, a adaptabilidade climática e o contexto em que a avaliação térmica foi realização pode ter direcionado as sensações perceptiva, indicando que o cumprimento de padrões normativos não incidem em conforto para todos os tipos de clima ou para todos as populações, como anteriormente defendido por Van Gaever *et al.* (2014).

Ademais, os setores investigados posicionam-se a margem dos padrões de higiene requeridos para o setor ao considerar especialmente a altas umidades relativas, que mantiveram valores superiores a 70%, impactando nas sensações térmicas dos indivíduos tendo em vista que maiores temperaturas são melhores toleradas em ambientes com umidades relativas mais baixas.

4.3.2 O RUÍDO NAS UTIs

Realizou-se um total de 1.439 medições, resultando em 119.916 horas de coleta distribuídas entre as nove UTIs investigadas. A Tabela 15 expõe as médias e desvios-padrões dos dados experimentais considerando todas as amostras.

Tabela 15 - Estatística descritiva das medidas acústicas (dBA)

	LAFmax	LAFmin	LAeq
Média	76,5	54,6	62,01
Desvio-padrão	5,9	6,6	4,3

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: LAFmax = nível de som máximo, LAFmin = nível de som mínimo; LAeq = nível sonoro equivalente

A ISO 10152:1992 orienta que para obtenção de um ambiente acusticamente confortável na UTI, os limiares de ruído permaneçam em um intervalo entre 35 e 45 dBA. Observa-se que na Tabela 14 os níveis de ruído para o conforto acústico foram bem superiores ao recomendado pela normatização, porém mantiveram-se abaixo do limiar de risco ocupacional, tendo em vista que todas as medições foram abaixo de 80 dBA, resultando em uma dose diária inferior a 50% (BRASIL, 2001). Mesmo os limiares mínimos de ruído (LAFmin) foram muito superiores ao recomendado para manutenção do conforto. De forma similar, vários outros estudos encontraram níveis de ruído superiores aos recomendados como mostra o Quadro 14.

Quadro 15 - Resultado de estudo similares

Autor	País	Resultado
Macedo <i>et al.</i> (2009)	São Paulo	Média de ruído de até 83,1% acima do recomendado pela ISO 10152
Khademi <i>et al.</i> (2011)	Iran	Média de ruído de 60,2dBA
Heidemann <i>et al.</i> (2011)	São Paulo	Ruído variou entre 51,5 a 58,7 dBA. Diferenças estatisticamente significativas entre os dois dias de coleta
Salandin <i>et al.</i> (2011)	Alemanha	Picos de ruído superiores a 70 dBA, com frequência geral de 6 pico por hora e ocorrência irregular ao decorrer dos turnos; Redução de ruído noturno de em média 4 dBA em relação aos turnos diurnos.
Hu <i>et al.</i> (2015)	China	Nível médio de ruído de 50dBA com medições que variaram de 56,9 a 70,1 dBA.

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A caracterização acústica da UTI difere a depender do turno avaliado. Os horários diurnos apresentam maiores limiares acústicos por serem os períodos do dia onde há maior quantidade de procedimentos e, conseqüentemente, maior movimentação e comunicação de profissionais (LAUBACH *et al.*, 2014). Assim, o ruído diurno é significativamente maior em relação ao noturno; o ruído em dias úteis é significativamente maior em relação aos fins de

semana; o ruído durante as passagens de plantão e visita de familiares é significativamente superior aos dos demais dias (SAMPAIO NETO *et al.*, 2010).

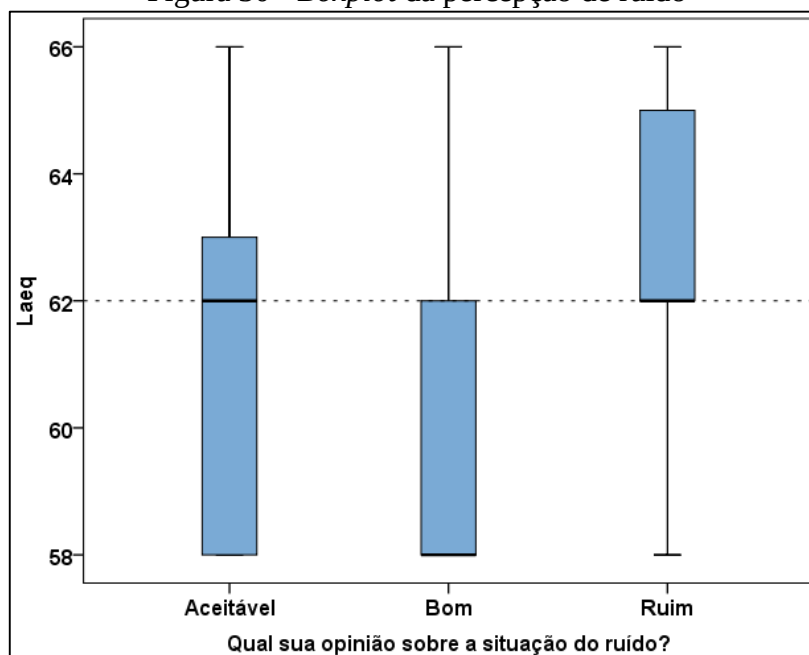
Os dados coletados em campo revelaram que mesmo o ruído estando abaixo dos limiares de risco recomendados pela NHO 01 (BRASIL, 2001), 80% dos profissionais consideram o nível de ruído na UTI incômodo, especialmente os ruídos decorrentes dos alarmes dos aparelhos. O aparato tecnológico, necessário à assistência prestada na UTI, podem trazer desconforto e estresse decorrente da combinação de diferentes sons produzidos pelos alarmes, acrescido do som produzido pela execução de atividades, conversação entre pessoas e manipulação de objetos, podendo resultar em dificuldade de concentração e aborrecimentos e afetar a execução das atividades, já que o trabalho na UTI é essencialmente intelectual, iniciando assim uma cadeia de eventos que pode levar o surgimento de diversas queixas sintomatológicas (SALANDIN *et al.*, 2011). Costa *et al.* (2011) apontam que 76,09% dos profissionais intensivistas consideraram a UTI um ambiente ruidoso e 69,57% afirmam sentiram-se incomodados em decorrência do ruído, valores bastante semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

Os dados obtidos através dos questionários (ANEXO 4) revelaram que 82,3% dos indivíduos sentiam-se incomodados pelo ruído do setor, e dentre eles, 88,6% atribui tal incômodo aos ruídos emitidos pelos equipamentos, desta maneira, a fonte de ruído tem um peso considerável ao avaliar seu impacto sobre o profissional, pois apresenta-se como o maior fator perturbador desta amostra. Abaixo, um relato oral de um profissional do setor:

“O barulho da UTI me incomoda bastante. Chego a ouvir os aparelhos quando estou em casa e quando vou dormir”

(Técnica de enfermagem, UTI 7)

A Figura 30 expõe o resultado do julgamento dos profissionais segundo o limiar de ruído medido experimentalmente no ambiente. Observa-se que o valor de 62dBA foi um ponto de corte para uma avaliação positiva ou negativa do ambiente. Todos os indivíduos que avaliaram negativamente seu local de trabalho, foram expostos a níveis de ruído médio superiores a 62dBA, inversamente, avaliação positiva esteve presente apenas em níveis de exposição média de ruído abaixo de 62dBA, e os indivíduos que classificaram o ambiente como “Aceitável” foram expostos predominantemente a valores abaixo 62dBA.

Figura 30 - *Boxplot* da percepção de ruído

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 16 discrimina a média e desvio-padrão das medições de cada UTI e seus relativos índices de satisfação (IS), insatisfação (IIS) e de neutralidade (IA). Tais índices dizem respeito, respectivamente, à quantidade de indivíduos que avaliaram seu local de trabalho como satisfatório, insatisfatório e neutro. Novamente, observa-se que os maiores índices de insatisfação estão distribuídos predominantemente em UTIs com médias de ruído superiores a 62dBA, e a UTIs com maiores médias de ruído, ou seja, superiores a 65dBA apresentaram escores de satisfação ínfimos ou ausentes.

Tabela 16 - Média de ruído com relativos escores de satisfação

UTI	Média de ruído	IS	IIS	IA
1	58,2 ± 2,9	0,231	0,308	0,385
2	58,3 ± 6,1	0,231	-	0,769
3	65,2 ± 1,8	-	0,555	0,389
4	65,6 ± 4,2	0,0769	0,615	0,231
5	62,5 ± 2,6	-	0,357	0,571
6	62,2 ± 3,4	0,091	0,091	0,819
7	62,9 ± 3,3	-	0,571	0,357
8	62,4 ± 3,2	0,0526	0,684	0,211
9	61,4 ± 3,4	0,0714	0,714	0,214

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: IS = satisfeitos/n; IIS = Insatisfeitos/n; IA = neutros/n

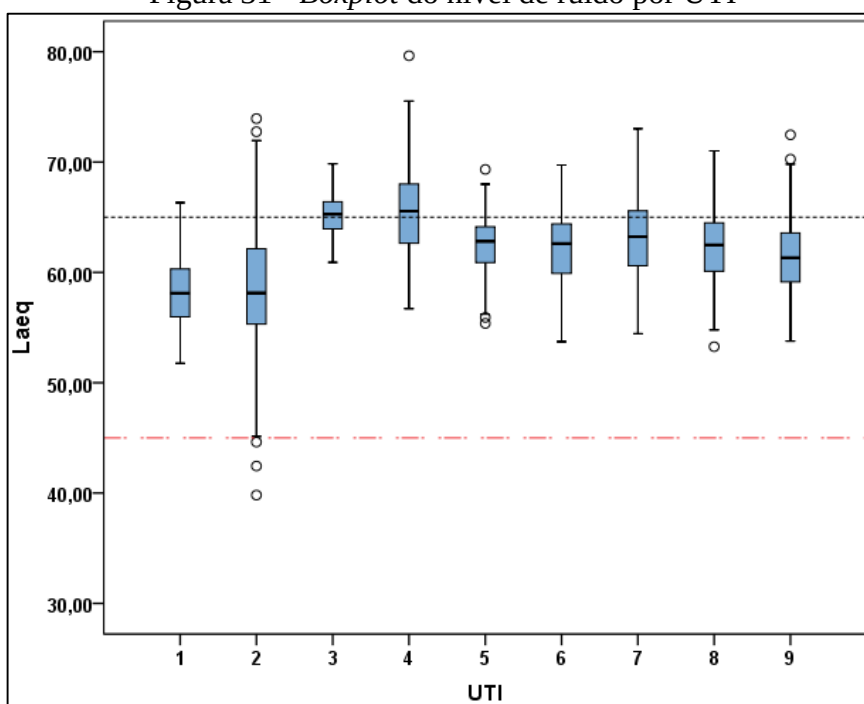
Uma plotagem de tais valores é exposta na Figura 31, onde o traçado inferior é o limiar de conforto estipulado pela ISO 10152:1992 e o traçado superior ao limiar de risco estipulado pela NR 17 (BRASIL, 2009). O espaço entre os dois traçados, onde as amostras estão

predominantemente localizadas, é um intervalo de exposição onde há perturbação do conforto do profissional podendo trazer consequências sobre a saúde e execução da tarefa, porém, estando abaixo do limiar de risco estipulado pelas normas brasileiras. Os resultados da exposição nesta zona ainda permanecem dúbios na literatura vigente e, portanto, o limiar de risco e os resultados da exposição permanecem obscuros.

Associadamente, observa-se que mesmo mantendo valores médios predominantemente concentrados na “zona de desconforto” (acima do limiar de conforto porém abaixo do limiar de risco), todas as UTI apresentam medições com valores acima do valor de limiar de risco (65 dBA), algumas inclusive podendo chegar a valores acima de 70dBA.

Observando a presença de *outliers* na Figura 31 (pontos circulares), segue-se para a fase de retirada de tais valores, a partir da qual será possível identificar um nível de exposição a que os indivíduos de cada campo de pesquisa estão expostos. Enfatiza-se ainda que estes dados servirão de referência para a análise do risco nas fases subsequentes.

Figura 31 - Boxplot do nível de ruído por UTI



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: Traçado inferior = Limiar de conforto; Traçado superior = Limiar de risco.

A Tabela 17 apresenta os novos valores após a retirada dos *outliers* para cada UTI investigada. Na primeira linha estão as novas médias ou níveis de exposição (NE), na segunda linha o “n” total de cada amostra (Ntotal), e por último, a porcentagem de dados configurados como *outliers* e retirados (%retirada) em cada UTI.

Tabela 17 - Nível de exposição acústica para cada UTI após retirada dos *outliers*

	1	2	3	4	5	5	7	8	9
NE	58,2	58,5	65,2	65,5	62,6	62,2	62,9	62,5	61,3
Ntotal	163	161	144	144	180	144	144	179	180
%retirada	0	0	3,5	0,7	1,7	0	0	0,6	1,2

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: NE = Nova média de ruído (limiar de risco); Ntotal = número de amostra experimentais coletadas; % retira: porcentagem da amostra retirada por serem outliers.

Atenta-se ao fato de que houve UTIs em que a retirada de dados não foi necessária, e mesmo nas que perderam dados tal retirada foi ínfima, não ultrapassando 3,5% do total, por este motivo, mesmo com a retirada, as variações dos valores médios não apresentou grandes variações.

4.3.3 A ILUMINAÇÃO NAS UTIs

A Tabela 18 discrimina a média, valores mínimo e máximo encontrados em cada UTI e também a uniformidade da iluminação seguindo as especificações da ISO 8995:2012, em que a recomendação para o nível de iluminação mínimo geral da UTI é 100lx e a iluminação ao nível do leito é de 300lx.

Observa-se uma grande discrepância entre os valores mínimo e máximo de iluminação, com exceção da UTI 7 por ser a única da amostra que não possui iluminação artificial resultando em uma uniformidade dentro do intervalo recomendado pela referida ISO ($\geq 0,5$.) As demais UTIs, apresentam grandes variações nos níveis de iluminância por serem ambientes predominantemente iluminados naturalmente onde variações da iluminação externa tem impacto significativo no ambiente interno, como é o caso da UTI 6, ou ainda por apresentarem espaços pouco ou não iluminados resultando em ambientes não uniformes.

Tabela 18 - Média, valores máximos e mínimos de iluminância

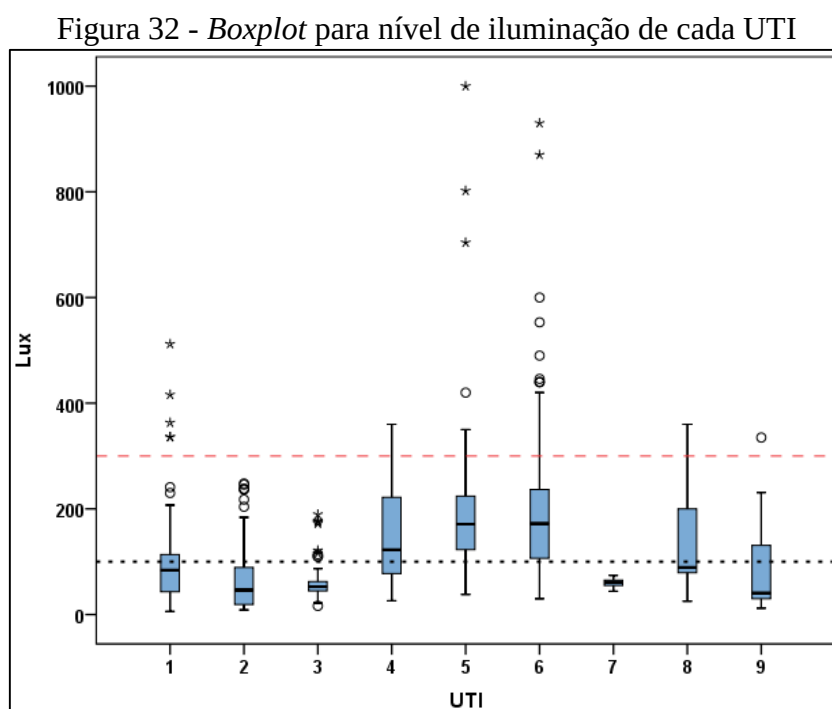
UTI	Lx	Mínimo	Máximo	Uniformidade
1	96,6	5,9	512	0,06
2	84,1	8,8	248	0,1
3	61,04	22	178	0,4
4	148,9	26	360	0,2
5	189,9	110,1	331,3	0,6
6	206,1	30	930	0,1
7	60,2	44	74	0,7
8	134,4	25	360	0,2
9	86,1	12	335	0,1

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Na Figura 32 pode-se ver com mais clareza tais variações. Observa-se que as UTIs predominantemente iluminadas naturalmente (UTIs 5 e 6) foram as que apresentaram os valores mais extremos de iluminação, sendo as únicas que apresentam valores superiores a 600lx. O

traçado vermelho indica o valor de referência que a normatização orienta para tal ambiente e o traçado inferior é o estipulado como valor mínimo. Assim, tem-se quatro setores que apresentaram valores predominantemente acima das recomendações (UTIs 4, 5, 6 e 8), três que apresentaram valores predominantemente abaixo das recomendações (UTIs 1, 2 e 9), e finalmente, dois setores que não apresentaram valores dentro das recomendações (UTIs 3 e 7) (desconsiderando os *outliers*).

Observando a presença de *outliers* na Figura 32 (pontos circulares e asteriscos), segue-se para a fase de retirada de tais valores, a partir da qual será possível identificar um nível de exposição a que os indivíduos de cada campo de pesquisa estão expostos. Enfatiza-se ainda que estes dados servirão de referência para a análise do risco nas fases subsequentes.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 19 apresenta os novos valores após a retirada dos *outliers* para cada UTI investigada. Na primeira linha estão as novas médias ou níveis de exposição (NE), na segunda linha o “n” total de cada amostra (Ntotal), e por último, a porcentagem de dados configurados como *outliers* e retirados (%retirada) em cada UTI.

Tabela 19 - Níveis de exposição lumínica de cada UTI após retirada dos *outliers*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NE	83,6	58	51,03	148,9	172	177,6	60,1	134,4	77,5
Ntotal	140	90	172	80	126	99	78	126	90
% retirada	5	7,8	7,6	0	3,2	6,1	0	0	1,2

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: NE = Nova média de ruído (limiar de risco); Ntotal = número de amostra experimentais coletadas; % retira: porcentagem da amostra retirada por serem outliers.

A percepção dos profissionais foi avaliada nos domínios “Percepção do nível de luz”, “Satisfação com iluminação”, “Efeitos sobre o desempenho do trabalho” e “Efeitos na saúde” (ANEXO 5).

A Tabela 20 expõe a avaliação descritiva da satisfação em função da percepção do nível de luz segundo a avaliação dos profissionais. A percepção do nível de luz esteve alinhada com a satisfação do profissional, ao passo que os profissionais com os mais altos níveis de satisfação julgaram seu ambiente como muito iluminado.

Tabela 20 - Percepção dos indivíduos sobre o nível de iluminação das UTIs

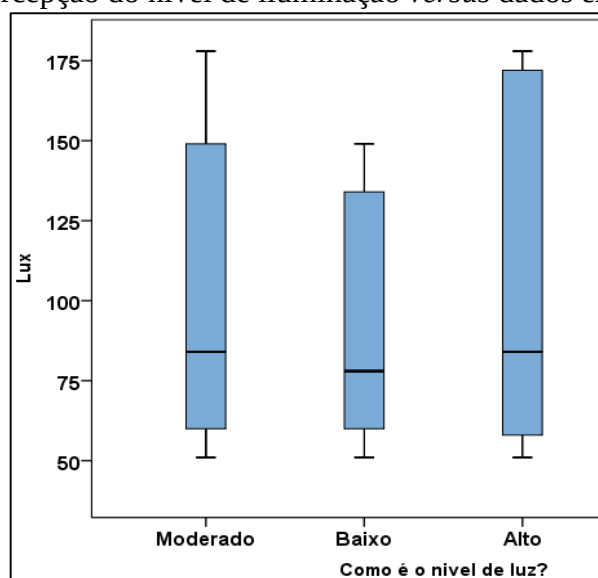
Percepção do nível de luz	Satisfação (%)		
	Neutro	Insatisfeito	Satisfeito
Moderado 93 (72,6%)	44,1	11,8	44,1
	Interferencia na tarefa?		
	Não	Sim	Não sei
	17,2	74,2	8,6
	Causa cansaço visual?		
	Não	Sim	Não sei
	9,7	73,1	17,2
	Causa alterações posturais?		
	Não	Sim	Não sei
	12,9	74,2	12,9
Baixo 10 (7,8%)	Satisfação		
	Neutro	Insatisfeito	Satisfeito
	30	70	0
	Interferencia na tarefa?		
	Não	Sim	Não sei
	20	70	10
	Causa cansaço visual?		
	Não	Sim	Não sei
	20	50	30
	Causa alterações posturais?		
	Não	Sim	Não sei
	10	70	20
Alto 24 (18,7%)	Satisfação		
	Neutro	Insatisfeito	Satisfeito
	12,5	4,2	83,4
	Interferencia na tarefa?		
	Não	Sim	Não sei
	8,3	70,8	20,8
	Causa cansaço visual?		
	Não	Sim	Não sei
	16,7	66,7	16,7
	Causa alterações posturais?		
	Não	Sim	Não sei
	16,6	62,5	20,8

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A percepção dos indivíduos quanto ao nível de iluminação do setor foi condizente com as variações reais da incidência de luz, assim, em ambientes onde a iluminação apresentou maior variação nas medições experimentais, concomitantemente, a percepção do profissional tem uma tendência para interpretar o ambiente como altamente iluminado, enquanto que baixas variações surtiram efeito inverso (FIGURA 33).

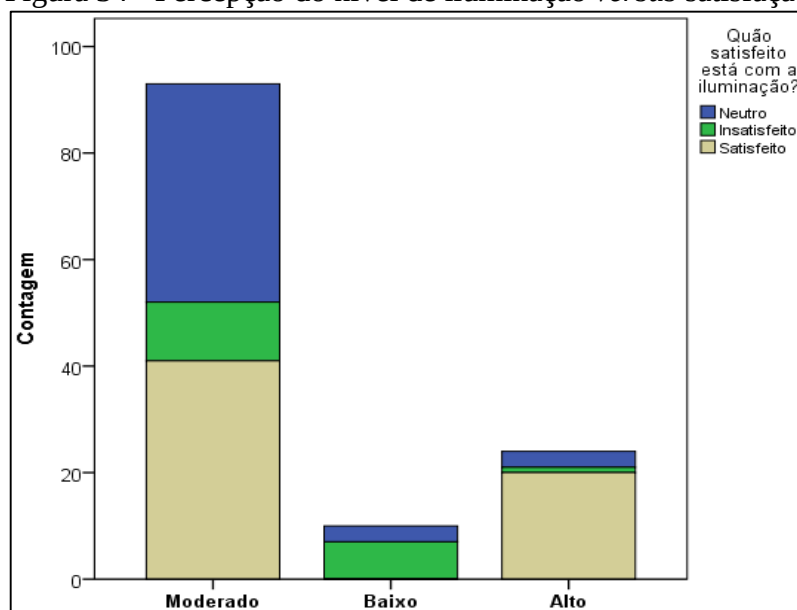
Dianat *et al.* (2013) identificou resultados semelhantes em ambientes hospitalares. Seus experimentos indicaram que a percepção dos indivíduos foi condizente com os dados objetivos, e os dados subjetivos captados através de questionários revelaram que 36% acreditam que a iluminação interfere na execução do seu trabalho, 48% afirmam mudanças posturais decorrente da iluminação e 14% e 56% afirma que as condições de iluminação causam cansaço visual.

Figura 33 - Percepção do nível de iluminação *versus* dados experimentais



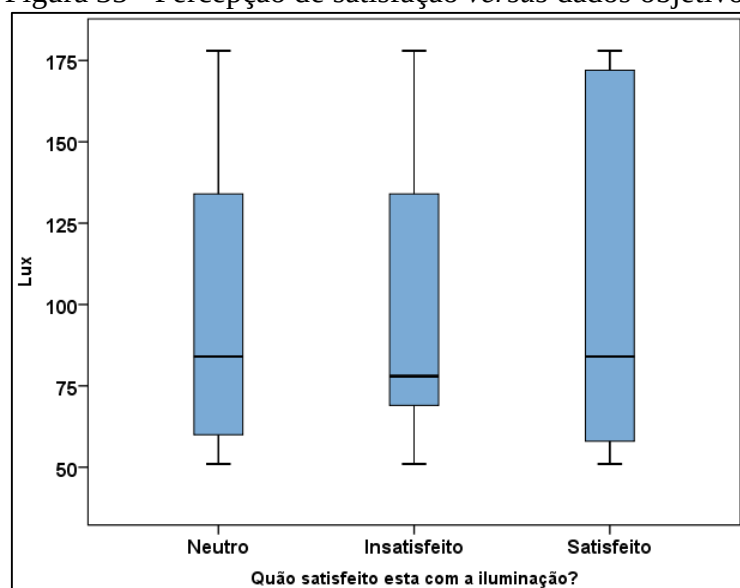
Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Em todos os casos, observando a Figura 34, tem-se que entre os indivíduos que se declararam satisfeitos, a percepção do nível de luz foi sempre moderada ou alta, mas nunca baixa, sendo que a satisfação é especialmente presente em ambiente moderadamente iluminados. Em ambiente com baixa iluminação, segundo a percepção dos indivíduos, a percepção foi sempre neutra ou insatisfeita.

Figura 34 - Percepção do nível de iluminação *versus* satisfação

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Os indivíduos satisfeitos foram expostos uma gama maior de níveis luminosos, em comparação aos indivíduos insatisfeitos, como mostra a Figura 35. Assim, pode-se supor que o nível de iluminação não é o único fator que afeta a satisfação do indivíduo com as características luminosas do setor. Tal avaliação pode ser direcionada por características pessoais, que segundo (KIM *et al.*, 2013), pode estar ligada ao sexo, idade e nível ocupacional. Assim, mulheres, com idade superior a 31 anos e com categorias de trabalho técnica e/ou gerencial teriam uma chance até 53% maior de avaliar o ambiente luminoso como insatisfatório. Características estas muito similares a amostra desta pesquisa.

Figura 35 - Percepção de satisfação *versus* dados objetivos

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

4.3.4 A QUALIDADE DO AR NAS UTIs

As coletas de dados de qualidade do ar resultaram em um total de 3.794 amostras, que originalmente foram registrados na unidade “contagem de partícula (PM/m³)”. Porém diante da necessidade de comparativos, tais dados foram transformados na unidade “massa de concentração de partículas (µg/m³)”. A fórmula 6 (na seção 3.4.4) fornece uma função para a conversão.

A estatística descritiva das variáveis experimentais está exposta na Tabela 21. Observa-se uma grande variabilidade de concentração de partículas entre as UTIs. As discrepâncias entre os valores mínimos e máximo e o desvio-padrão (DP) sugere grande variabilidade mesmo dentro da própria UTI investigada. Fatores como características espaciais do ambiente, taxa de ocupação, trânsito de pessoas e atividades de higiene e limpeza podem estar associadas com a variabilidade interna (GAIDAJIS; ANGELAKOGLU, 2014).

Tabela 21 - Estatística descritiva da concentração de PM_{2,5} (µg/m³)

UTI	M ± PD	Min	Max
1	19,5 ± 8,4	8,1	106,04
2	17,9 ± 10,7	5,1	104,9
3	33,7 ± 33,4	12,6	205,05
4	81,5 ± 83,1	8,9	387,8
5	146,04 ± 64,04	79,6	521,9
6	66,01 ± 79,7	9,6	490,7
7	176,2 ± 108,3	35,5	560,4
8	74,7 ± 39,4	17,2	313,5
9	94,1 ± 84,9	28,4	481,1

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Neste estudo, as UTIs que apresentaram maiores médias de concentração de PM_{2,5} (UTIs 5 e 7) são, respectivamente, ventiladas por sistema de AC central e possui falhas na vedação interna, os quais, segundo Jung *et al.* (2015), influenciam fortemente a composição aérea do ambiente, representando os fatores de maior peso para a variabilidade interna da qualidade do ar.

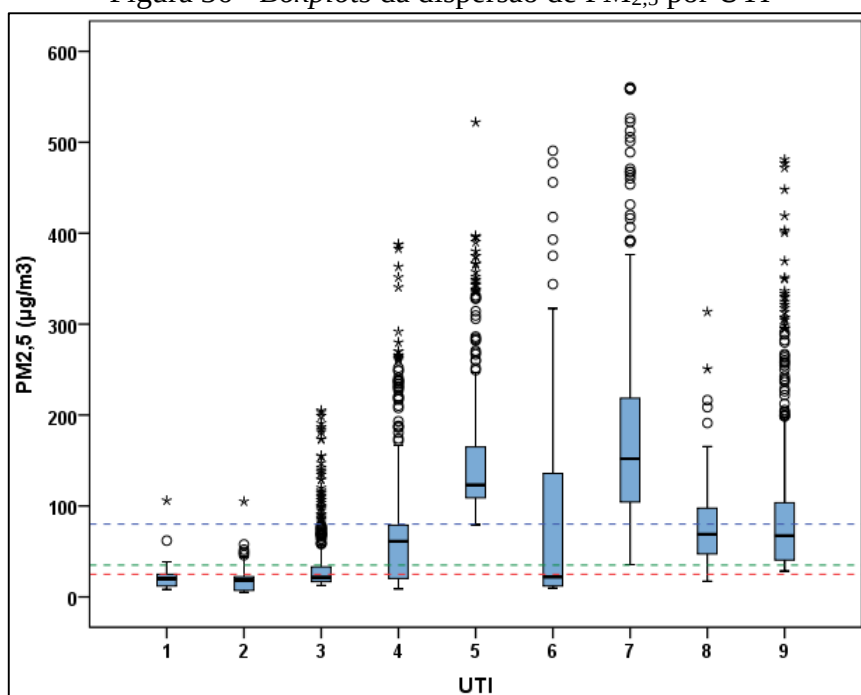
Concomitantemente, a Tabela 21 expõe discrepâncias entre valores mínimos e máximos, com desvios padrões que por vezes superam as médias, o que pode ser um indício da presença de *outliers*. A ocorrência de tais dados foi explorada através da plotagem em *boxplots* (FIGURA 36), quando então foram confirmados.

Observa-se ainda na Figura 36 o posicionamento das medições em relação aos limiares normativos adotados nacional e internacionalmente. Os dados representados por “círculos” são *outlier* moderados, enquanto os dados representados por “estrelas” são *outlier* extremos. Com exceção das UTIs 1, 2 e 3, todos os setores investigados apresentam dados com valores muito

aquém das recomendações sugerindo a não adequação de tais UTIs às especificações técnicas. Nota-se que as UTIs 4 a 9 apresentam a grande maioria de seus dados acima dos limiares internacionais, representado pelos dois traçados inferiores.

As supercontagens pontuais foram especialmente presentes em alguns momentos específicos, tais como horários de banho, em decorrência do uso de produtos de limpeza, e em alguns procedimentos terapêuticos, a exemplo de implantação de cateter central, aspiração traqueal e especialmente a nebulização que afetou a contagem de $PM_{2,5}$ mesmo em pontos mais distantes ao foco de procedimento (chegando a 7,7 metros), regredindo exponencialmente após o término. Ademais, a distribuição das PMs de um ambiente pode ser influenciado por variáveis térmicas e velocidade do ar, e estar associados a outros poluentes como CO_2 e NO_2 , com os quais mantem uma relação de até 0,88 (FRANCK; LEITTE; SUPPAN. 2015).

Figura 36 - Boxplots da dispersão de $PM_{2,5}$ por UTI



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: Traçado vermelho: limiar normativo da WHO ($25\mu g/m^3$); Traçado verde: limiar normativo da EPA ($34\mu g/m^3$); Traçado azul: limiar normativo da ANVISA ($80\mu g/m^3$).

Observando a presença de *outliers* na Figura 36 (pontos circulares e asteriscos), segue-se para a fase de retirada de tais valores, a partir da qual será possível identificar um nível de exposição a que os indivíduos de cada campo de pesquisa estão expostos. Enfatiza-se ainda que estes dados servirão de referência para a análise do risco nas fases subsequentes.

A Tabela 22 apresenta os novos valores após a retirada dos *outliers* para cada UTI investigada. Na primeira linha estão as novas médias ou níveis de exposição (NE), na segunda

linha o “n” total de cada amostra (Ntotal), e por último, a porcentagem de dados configurados como *outliers* e retirados (% retirada) em cada UTI.

Tabela 22 - Limiar de exposição de PM_{2,5} para cada UTI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PM _{2,5}	19,2	17,2	22,7	48,4	132,3	59,4	156,9	72,7	71,3
Ntotal	467	388	476	267	573	374	374	418	457
% retirada	0,7	1,6	13,1	16,5	7,7	2,1	6,7	1,2	10,5

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: NE = Nova média de ruído (limiar de risco); Ntotal = número de amostra experimentais coletadas; % retira: porcentagem da amostra retirada por serem outliers.

A percepção da qualidade do ar foi questionada entre os entrevistados. Obteve-se uma porcentagem de 14,8% de satisfeitos, 28,9% de insatisfeitos e 56,3% mostrou-se indiferente à qualidade do ar do setor. Dentre os que se afirmaram insatisfeitos com a qualidade do ar, 32,8% atribuíram a insatisfação à problemas com sistemas de AC e 25% não souberam responder o motivo da insatisfação.

Questionou-se a ocorrência de problemas como odores, poeiras, umidade excessiva e/ou fungos. Dentre os indivíduos que se mostraram insatisfeitos com qualidade do ar, 64,8% afirmaram se sentirem incomodados com os odores emitidos no local (TABELA 23). Observa-se que mesmo dentre os indivíduos que avaliaram a UTI como satisfatória os odores foram indicados como fatores incômodos, mostrando que os odores são fontes fortes de incômodo na UTI, sendo que o fator que menos perturbou a amostra foi a presença de poeira.

Tabela 23 - Percepção da qualidade do ar versus presença de fatores incômodos

	Odores	Poeira	Umidade	Fungos
Percepção sobre a qualidade do ar?				
Aceitável	58,3%	9,7%	20,8%	29,2%
Boa	42%	10,5%	15,8%	26,3%
Ruim	64,8%	43,2%	40,5%	54,1%

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Vários fatores interferem na percepção do indivíduo, como pode ser visto na Tabela 23 além do material particulado suspenso, os odores e a presença de micro-organismos são as maiores preocupações dos indivíduos, o que é compreensível considerado o tipo de trabalho executado no setor.

4.3.5 PRIORIDADE PERCEPTIVA E CRITÉRIOS DE SATISFAÇÃO

A prioridade perceptiva ambiental procurou identificar dentre as variáveis termofísicas consideradas quais parâmetros mais impactam na avaliação perceptiva e satisfação global. Para

tanto utilizou-se o modelo Kano indicado por Kim e Dear (2012), que categoriza cada atributo ambiental segundo sua obrigatoriedade e proporcionalidade.

Procurou-se identificar qual a variável poderia ter maior poder de influenciar a percepção de qualidade do ambiente, o que possibilitará na próxima etapa identificar o poder de tal prioridade sob o risco à saúde e bem-estar dos profissionais

A Tabela 24 expõe a classificação de cada exigência de conforto investigado nas categorias do modelo Kano. No caso de incertezas sobre a classificação do requisito a regra “Obrigatório>Unidirecional>Atrativo>Neutro” pode ser aplicada (MATZLER *et al.*, 1996). Nesse caso a categoria “Obrigatório (O)” se sobrepõe a categoria “Neutro (N)”.

Observa-se a partir da classificação em categorias que a temperatura e a qualidade do ar são requisitos que afetam consideravelmente a avaliação das exigências caso esteja fora da zona de conforto. Diferentemente, o atributo de ruído afeta positivamente a avaliação perceptiva caso esteja em níveis ótimos, e negativamente caso esteja a níveis de desconforto. A satisfação com a iluminação é unidirecional, ou seja, ambientes bem iluminados trazem conforto para a população estudada ao passo que o desempenho da iluminação e a satisfação estão alinhados em uma direção em comum. A umidade não afeta o julgamento dos indivíduos sobre qualidade ambiental do setor pesquisado.

Tabela 24 - Classificação das exigências de conforto por categoria.						
	A	U	N	R	O	Categoria
Temperatura	0%	23,9%	17,9%	6,8%	51,3%	Obrigatório
Umidade	0%	5,2%	57,7%	12,9%	24,1%	Neutro
Qualidade do ar	0%	24,2%	39,6%	0,86%	35,3%	Obrigatório
Iluminação	0%	66,7%	28,2%	0%	5,1%	Unidirecional
Ruído	1,7%	53%	11,1%	2,6%	31,6%	Unidirecional

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: A = Atrativo; U = Unidirecional; N = Neutro; R = Reverso; O = Obrigatório

Os coeficientes de satisfação e de insatisfação obtidos através das equações 7 e 8 estão expressos na Tabela 25. Os valores próximos a 1 denotam grande influência na satisfação global e a positividade indica uma relação proporcional, e vice-versa (MATZLER *et al.*, 1996). Pedese notar como satisfação global do ambiente é influenciada por cada item e identificar que essa relação é assimétrica.

Tabela 25 - Coeficientes de satisfação e insatisfação para os requisitos de conforto

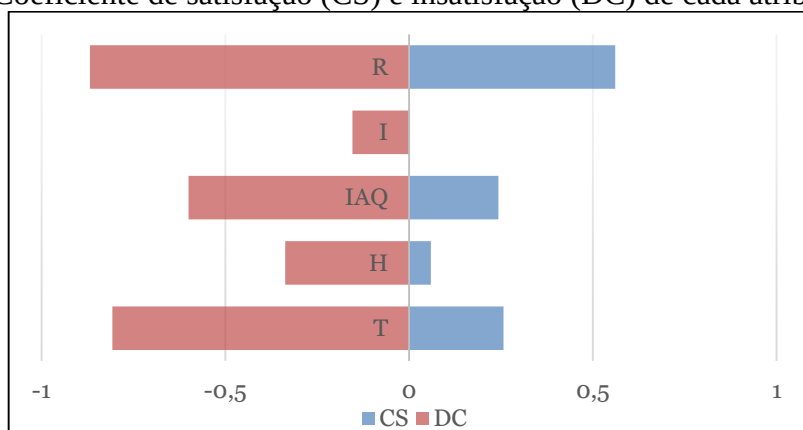
	T	H	IAQ	I	R
Coeficiente de satisfação	0,257	0,059	0,243	0	0,561
Coeficiente de insatisfação	-0,807	-0,337	-0,6	-0,154	-0,868

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: T = Temperatura; H = umidade; IAQ = Qualidade do ar; I = Iluminação; R= Ruído

Conforme Tabela 25 e a Figura 37, dentro da zona de desconforto ambiental na UTI, o peso das variáveis ruído (0,868) e temperatura do ar (0,807) são as mais representativas em relação às outras variáveis em termos da avaliação do conforto ambiental. Porém, avaliando isoladamente a variável ruído, observa-se que devido ao seu peso quanto à zona de conforto está no em torno de 0,561 e seu peso em relação à região de desconforto ser de 0,868, o seu peso real na zona de desconforto na UTI passa ser 0,307. Mas a temperatura do ar em função da zona de desconforto possui um peso real de 0,555, superando o peso real da variável ambiental ruído na mesma zona. A iluminação foi a exigência de conforto com menor peso dentre as variáveis. Em situações de conforto, não teve efeito sobre a avaliação do ambiente.

Figura 37 - Coeficiente de satisfação (CS) e insatisfação (DC) de cada atributo ambiental



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Tal constatação ressalta que se o ruído e a temperatura do ar promovem maior insatisfação sob o aspecto ambiental na UTI, as outras variáveis possuíram impactos mais amenos. Analogamente aos resultados encontrados, Kim e Dear (2012) afirmam que quando um ambiente fechado tem um bom desempenho relacionado ao ruído e à temperatura, mesmo que os outros componentes ambientais como qualidade do ar e iluminação não tenham boa performance, os ocupantes parecem manter-se satisfeito com o ambiente de forma global.

Frontczak e Wargocki (2011) ao agrupar os principais estudos que investigaram os aspectos condicionantes do conforto ambiental mostraram que o conforto térmico tem maior peso quando se avalia o ambiente de forma global. Huang *et al.* (2012) corrobora com tais resultado ao afirmar que o ocupante estando em conforto térmico há um alargamento da zona de tolerância para, por exemplo, ruído e a iluminação. Quando os indivíduos estiveram em suas zonas de conforto térmico, níveis excedentes de ruído e iluminação foram mais bem tolerados, no entanto, quando os indivíduos se sentiram insatisfeitos com a temperatura a satisfação com o ambiente global também decresceu.

As sensações subjetivas podem ser determinadas fortemente por diferenças individuais. A maneira como o cérebro interpreta o ambiente está condicionada por diversos fatores, assim, o paradigma “estímulo-resposta” é obsoleto e simplista tendo em vista que as pessoas se comportam de maneiras diferentes, podendo ser determinado por características individuais (FRONTCHAK; WARGOCKI, 2011).

Logo, a compreensão da magnitude da percepção poderá ter certo vínculo com a resposta derivada da natureza do estímulo, das características individuais e da atual condição do indivíduo (SANTOS, 2009).

Portanto, de acordo com o modelo Kano, dentro da zona de desconforto ambiental na UTI, o peso das variáveis ruído (0,868) e temperatura do ar (0,807) são as mais representativas em relação às outras variáveis quanto avaliado o conforto ambiental em UTIs. Assim, as variáveis ruído e a temperatura do ar foram os requisitos que mais tiveram influência sobre a avaliação de conforto na UTI, sendo classificadas como fatores imprescindíveis para a segurança, o conforto e a aceitabilidade de profissionais na UTI.

4.3.6 SAÚDE E BEM-ESTAR DOS PROFISSIONAIS

A avaliação de saúde e bem-estar dos profissionais foi baseada no questionamento de sinais e sintomas percebidos pelos profissionais relacionados a seu ambiente de trabalho. Foram selecionadas 38 manifestações sintomatológicas reconhecidas pela literatura especializada como ligados às variáveis de conforto ambiental. A partir do relato dos profissionais foi então possível identificar os sinais e sintomas mais frequentes entre os intensivistas.

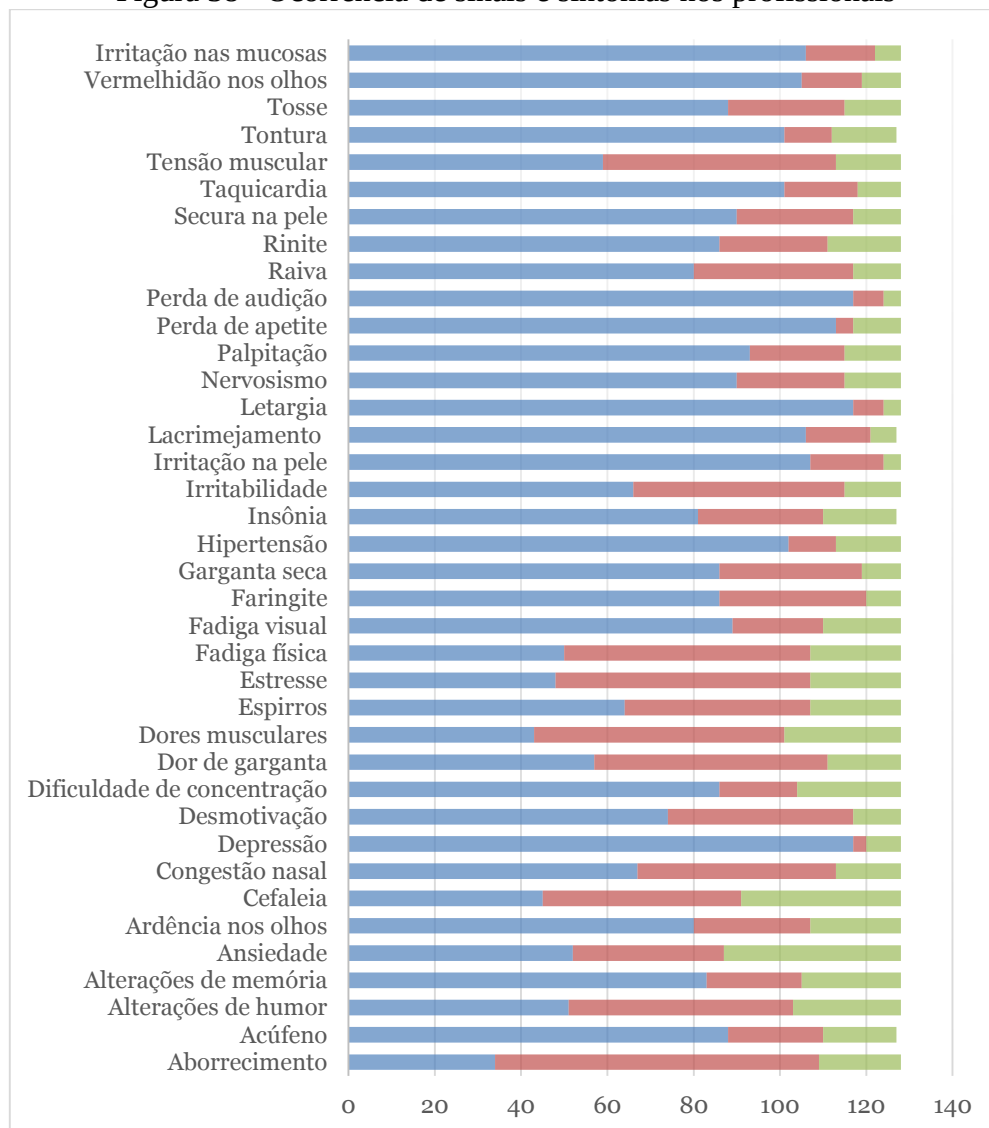
Os profissionais foram capazes de discernir quais os sinais e sintomas que possuíam, dentre estes, quais estavam diretamente ligados ao ambiente de trabalho e quais possuíam outros fatores contribuintes. Assim, três categorias de resposta podem ser obtidas: (1) ausência do sintoma; (2) a presença de sintomas sendo eles diretamente relacionado ao ambiente de trabalho; e (3) a presença de sintomas, porém com outros fatores condicionante, além do ambiente do trabalho.

A Figura 38 lista tais sinais e sintomas e a ocorrência de cada um na amostra estudada. Os sintomas puramente ocupacionais ocorreram a uma média $9,1 \pm 7,3$, e os de caráter multifatorial tiveram média de $4,5 \pm 5,5$. A barra azul se encaixa na primeira categoria listada, e as barras vermelhas e verdes, sequencialmente, na segunda e terceira categoria.

Os sinais e sintomas foram agrupados quanto a sua natureza psicológica e física, porém cabe salientar que apesar de categoriza-los entende-se que as manifestações físicas por vezes têm contribuição de fatores psíquicos (RIBEIRO *et al.*, 2015; URBÁŃSKI *et al.*, 2013), assim

os sintomas psicológicos são conjuntamente fatores de risco para ocorrência de manifestações físicas, e serão tratados como tal na formulação das redes probabilística (ver seção 11.10).

Figura 38 - Ocorrência de sinais e sintomas nos profissionais



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: Azul = Ausência do sintoma; Vermelho = Presença do sintoma ligado ao trabalho; Verde = presença do sintoma ligado ao trabalho e outros fatores.

Desta forma, a partir da Tabela 26, pode-se destacar a maior ocorrência de sintomas como aborrecimento, alterações de humor, ansiedade e estresse na categoria de sintoma psicológicos, e cefaleia, dor de garganta, dores musculares, fadiga física e tensão muscular, na categoria de sintomas físicos.

Com o objetivo de assegurar a validade da associação entre a ocorrência dos sintomas e as atividades ocupacionais, os profissionais foram questionados se as manifestações coincidem com os turnos de trabalho. Os resultados mostram que 55,47% dos profissionais relatam experimentar o início ou agravamento do sintoma durante o plantão e 57,03% relatam

que os sintomas diminuem ou desaparecem quando saem do trabalho, ratificando a associação entre tais sintomas e o ambiente ocupacional.

Tabela 26 - Taxa de ocorrência dos sinais e sintomas

Sintomas Psicológicos	%	Sintomas físicos	%
Aborrecimento	73,4	Acúfeno	30,5
Alterações de humor	60,2	Ardência nos olhos	37,5
Alterações de memória	35,2	Cefaleia	64,8
Ansiedade	59,3	Congestão nasal	47,6
Depressão	8,6	Dor de garganta	55,5
Desmotivação	42,2	Dores musculares	66,4
Dificuldade de concentração	32,8	Espirros	50
Estresse	62,5	Fadiga física	60,9
Insônia	35,9	Fadiga visual	30,5
Irritabilidade	48,4	Faringite	32,8
Letargia	8,6	Garganta seca	32,8
Nervosismo	29,7	Hipertensão	20,3
Perda de apetite	11,7	Irritação na pele	16,4
Raiva	37,5	Lacrimejamento	16,4
		Palpitação	27,3
		Perda de audição	8,6
		Rinite	32,8
		Secura na pele	29,7
		Taquicardia	21,1
		Tensão muscular	53,9
		Tontura	20,3
		Tosse	31,3
		Vermelhidão nos olhos	17,9
		Irritação nas mucosas	17,2

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A ocorrência de tais sinais e sintomas foi então plotada em função do sexo, profissão e da percepção global sobre o ambiente de trabalho (FIGURAS 39, 40 e 41). Observa-se que a ocorrência de sintomas foi superior em profissionais do sexo feminino em comparação ao masculino, denotando uma maior susceptibilidade deste grupo para manifestações de ordem ocupacional, ou ainda, uma resistência dos profissionais do gênero masculino em queixar-se das manifestações sintomatológicas (FIGURA 39).

A plotagem dos dados por categoria profissional identificou medidas muito similares para o grupo “Enfermeiro”, “Fisioterapeuta” e “Técnicos de enfermagem”, os quais tiveram uma incidência de queixas sintomatológicas superiores às apresentadas pelo grupo de profissionais “Médicos” (FIGURA 40). Tal similaridade na ocorrência de sintomas pode resultar das características psicossociais do trabalho, já que a demanda assistencial é bem superior para os grupos alinhados, e na categoria médica prevalece um trabalho predominantemente gerencial. Ademais, os grupos profissionais que apresentaram maior quantidade de sintomas também permanecem por um período de tempo maior no setor

investigado, realizam maior quantidade de procedimentos assistenciais diretamente no paciente, e por isso estão mais expostos às adversidades ambientais e organizacionais do trabalho.

Figura 39 - Ocorrência de sintomas *versus* gênero

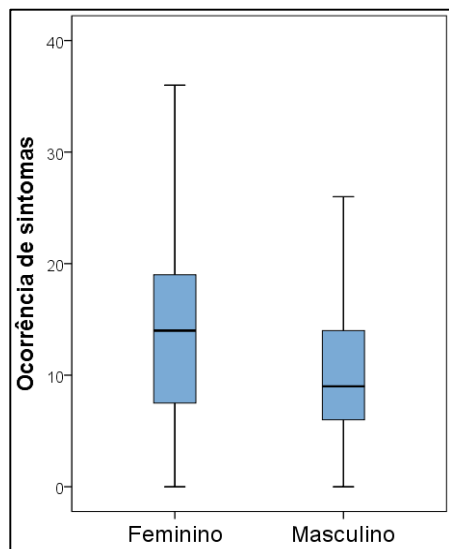
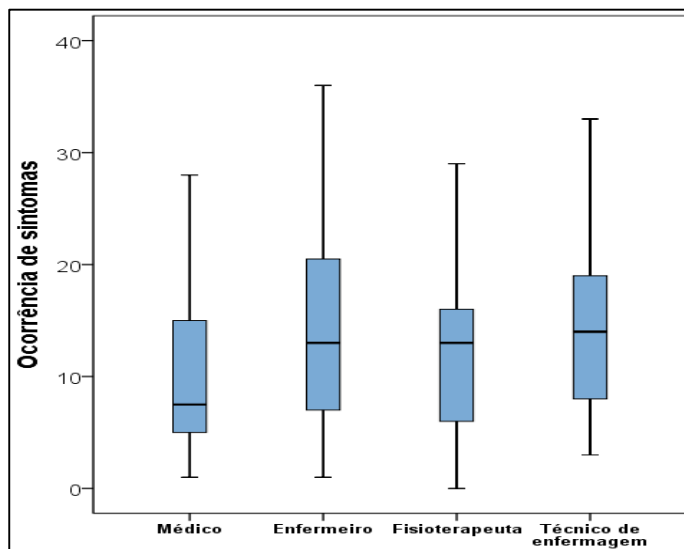


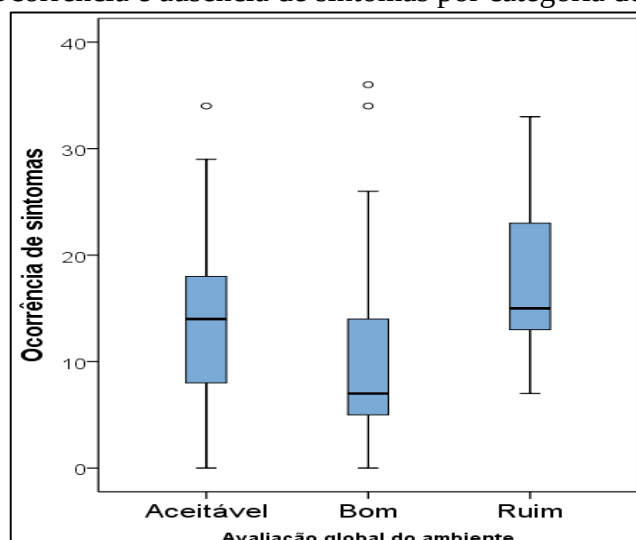
Figura 40 - Ocorrência de sintomas por categoria profissional



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

No apêndice 2, questão 13, o profissional foi solicitado a fornecer sua percepção global sobre o ambiente de trabalho, ou seja, considerando o conjunto de variáveis pertinente à temperatura, ruído, qualidade do ar e iluminação. Como pode-se observar na Figura 41, entre os profissionais que classificaram seu ambiente como “Bom” a ocorrência de manifestações sintomatológicas foi comparativamente inferior ao grupo que avaliou o ambiente como “Ruim”, denotando uma gradação sintomatológica em função da percepção ambiental, e evidenciando o poder da percepção e satisfação na ocorrência de sintomas.

Figura 41 - Ocorrência e ausência de sintomas por categoria de satisfação global



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Lamb e Kwok (2016) corroboram com tais resultados atestando que as variáveis ambientais ao causar estresse e a perturbação aumentam a incidência e severidade de dores e perturbações físicas, além de serem preditores do uso de fármacos, em especial da classe dos analgésicos.

Portanto, a partir de tais informações entende-se que a ocorrência de sintomas tanto de caráter físico como psicológicos são frequentes nos profissionais do setor investigado, especialmente em categorias profissionais mais assistenciais, posicionando-se os indivíduos do gênero feminino e a percepção do ambiente como mediadores para o surgimento de tais manifestações.

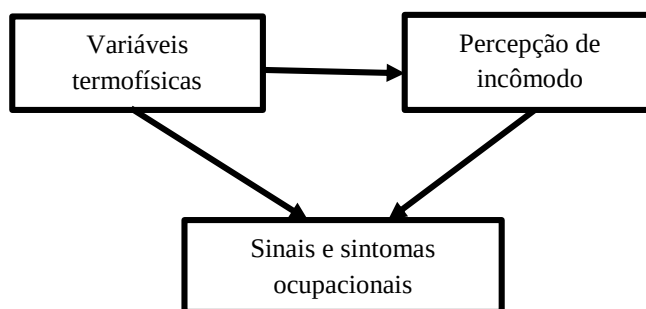
4.4 RISCO RELACIONADO AO CONFORTO AMBIENTAL NA UTI

4.4.1 O PROBLEMA: IDENTIFICAÇÃO DO CENÁRIO DE RISCO

Conhecendo as informações relativas ao ambiente termofísico, à percepção individual, assim como a caracterização sintomática ocupacional da amostra exposta, e resgatando todo o aporte bibliográfico prévio e as observações de campo foi possível sistematizar o problema investigado as possíveis ligações causais.

Assim, considere um profissional intensivista que possa sofrer e/ou sentir-se **incomodado** em decorrência dos vários **aspectos físicos** de seu ambiente de trabalho. Tais incômodos podem desencadear em uma tentativa de adaptação ao ambiente, seja por alterações posturais e/ou comportamentais, gerando desgaste decorrente da exposição por longo prazo, que por sua vez resulta na perturbação do bem-estar e **ocorrência de sinais e sintomas físicos e psicológicos**. Supondo que isto seja verdadeiro, outros profissionais inseridos neste ambiente irão relatar desconforto semelhante. Uma representação esquemática da declaração acima é representada pela Figura 42.

Figura 42 - Representação esquemática do problema



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Para inserção dos dados de saúde e bem-estar nas redes probabilísticas os indivíduos foram inseridos em 2 grupos de acordo com a ocorrência dos sintomas mais frequentes citados na seção 4.3.6. Considera-se como sintomas mais frequentes os que atingiram porcentagens iguais ou superiores a 50% (TABELA 26). Assim, dentre os sintomas psicológicos tem-se quatro sintomas mais frequentes, e dentre os sintomas físicos tem-se seis sintomas mais frequentes. Portanto, os indivíduos foram agrupados obedecendo os critérios estabelecidos no Quadro 16.

Quadro 16 - Agrupamento a partir dos sinais e sintomas

Sintomas psicológicos	Sintomas físicos	Descrição
≥ 4 sintomas	≥ 6 sintomas	Apresentar todos os sintomas mais frequentes
< 4 sintomas	< 6 sintomas	Não apresentar todos os sintomas mais frequentes

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Com base na definição destes estados e dos dados coletados em campo, a Tabela 27 expõe as probabilidades de ocorrência sintomática de caráter físico e psicológico ignorando eventos condicionantes.

Tabela 27 - Probabilidades simples não-condicional

Sintomas físicos		Sintomas psicológicos	
< 6 sintomas	82,3%	< 4 sintomas	61,5%
≥ 6 sintomas	17,7%	≥ 4 sintomas	38,4%

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Para verificar como e se estas probabilidades simples alteram-se a depender das variáveis ambientais experimentais e perceptivas foram construídas cinco Redes Bayesianas: uma de caráter global incluindo as variáveis ambientais térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar abordadas nesta pesquisa, além da percepção do profissional sobre seu ambiente e sobre sua saúde; e o restante das redes abordam cada variável experimental isoladamente e seus impactos sobre o surgimento dos sintomas, possibilitando com isto construir cenários de risco focado em cada variável.

4.4.2 RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS PREDITORAS DE CONFORTO AMBIENTAL

4.4.2.1 Construção da estrutura da RB: Calibração

A primeira rede construída foi a Rede Bayesiana Global, ou seja, a rede que representa todas variáveis predictoras de conforto ambiental considerando os dados experimentais e perceptivos, além dos sintomas físicos e psicológicos, sendo estes últimos as variáveis resultado.

Para tanto, testes de independência condicional entre os *nós* foram realizados considerando o valor “*Mutual Information*”. Dois processos de construção da estrutura da RB foram considerados: (1) através da aplicação de algoritmos de aprendizagem estrutural, utilizando neste caso o algoritmo “TAN”; e, (2) adequação do GAD ao cenário de risco, observações de campo e publicações prévias, em especial as publicações de García-Hererro *et al.* (2012a;2012b;2013a;2013b), possibilitando assim acrescentar à RB conhecimentos adicionais.

A Tabela 28 expõe os valores de “*Mutual Information*” considerando a estrutura estimada pelo algoritmo de aprendizagem estrutural utilizado. Salienta-se que valores de $IM > 0$ identificam uma dependência condicional entre os *nós*.

Tabela 28 - Valores de “*Mutual Information*” para estruturas do GAD

	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos	PMV	Percepção térmica	Ruído	Percepção acústica	Iluminação	Percepção luminosa	Qualidade do ar	Percepção atmosférica
Sintomas físicos		0,042	0,002	0,039	0,002	0,004	0,015	0,048	0,011	0,043
Sintomas psicológicos	0,042		0,016	0,020	0,004	0,009	0,015	0,094	0,006	0,051
PMV	0,002	0,016		0,063	0,114	0,049	0,041	0,094	0,109	0,026
Percepção térmica	0,039	0,020	0,063		0,036	0,030	0,019	0,097	0,066	0,133
Ruído	0,002	0,004	0,114	0,036		0,056	0,233	0,007	0,094	0,007
Percepção acústica	0,004	0,009	0,049	0,030	0,056		0,009	0,034	0,031	0,030
Iluminação	0,015	0,015	0,041	0,019	0,233	0,009		0,023	0,153	0,010
Percepção luminosa	0,048	0,017	0,094	0,097	0,007	0,034	0,023		0,051	0,099
Qualidade do ar	0,011	0,006	0,109	0,066	0,094	0,031	0,153	0,051		0,029
Percepção atmosférica	0,043	0,051	0,026	0,133	0,007	0,030	0,010	0,099	0,029	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A partir de tais dados a rede foi construída e o GAD gerado passou pelo processo de calibração onde foram testados a sensibilidade e especificidade, podendo indicar a necessidade de adequações no formato da RB.

A estrutura resultante, exposta na Figura 43, representa o GAD com melhores indicadores de calibração, onde pode ser vista a dependência condicional entre as variáveis, representadas através das setas, considerando os processos descritos nas etapas prévias.

Para a estrutura escolhida, as matrizes de confusão expostas nas Figura 44, resultaram em níveis de sensibilidade e especificidade tal qual expostos na Tabela 29, considerando como eventos de interesse a ocorrência de ≥ 4 sintomas psicológicos e ≥ 6 sintomas físicos.

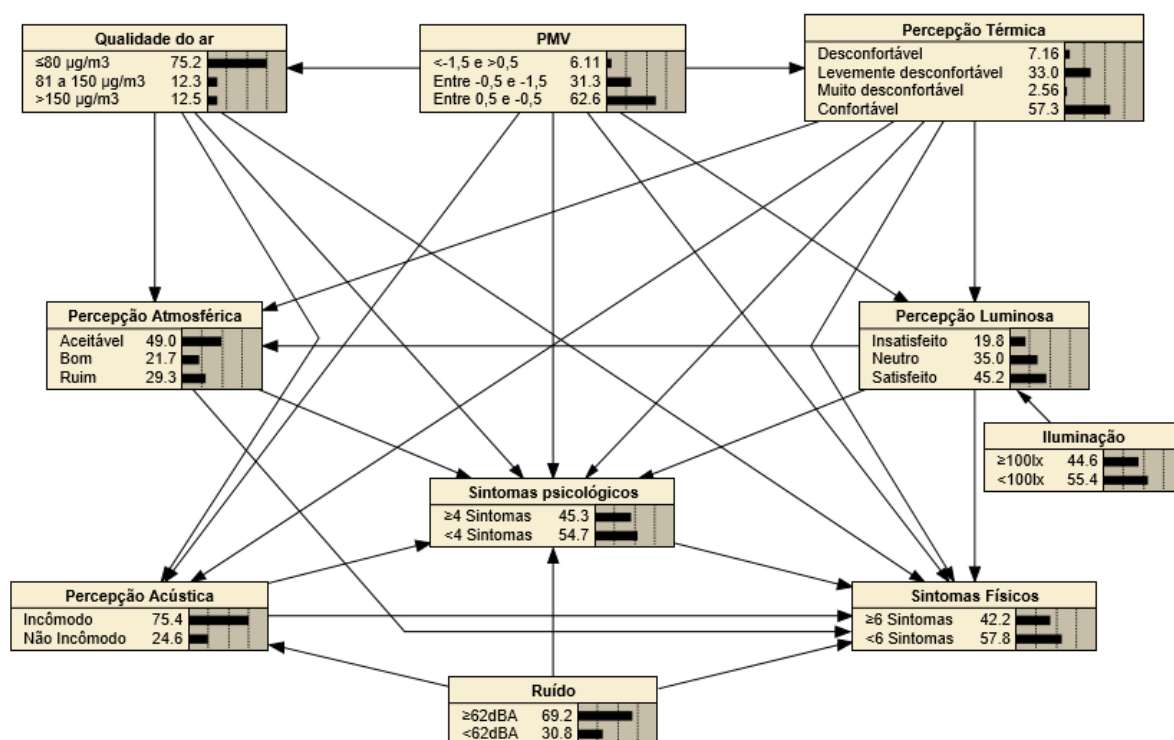
Tabela 29 - Sensibilidade e especificidade do modelo em RB

	Sensibilidade	Especificidade
Sintomas Físicos	1	0,953
Sintomas Psicológicos	0,857	0,899

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Tendo a Sensibilidade como a probabilidade do da RB afirmar a ocorrência de ≥ 4 sintomas psicológicos e ≥ 6 sintomas físicos dado que tais manifestações realmente aconteceram na amostra, e a Especificidade como a probabilidade do teste afirmar a não-ocorrência de tais manifestações dado que elas realmente não aconteceram na amostra, pode-se perceber que a RB, na maioria dos casos foi fiel a ocorrência sintomatológica, em especial para sintomas físicos a medida que em 100% das vezes em que a RB indicou a ocorrência de “ ≥ 6 sintomas” físicos tal ocorrência de fato esteve presente na amostra (TABELA 29).

Figura 43 - Rede Bayesiana Global



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Assim, a partir dos valores expostos na Tabela 29, pode-se afirmar que a RB sob investigação fornece probabilidades superiores a 85% de acertar em suas previsões da ocorrência (sensibilidade) e da não-ocorrência (especificidade) do evento de interesse, neste caso o conjunto de sintomas considerados.

no Quadro 13 (Seção 3.5.2). Os indicadores de validação resultantes para cada categoria de sintomas, considerando uma prevalência amostral de 0,172 para os sintomas físicos e 0,383 para os sintomas psicológicos, estão expostos na Tabela 30, e as curvas ROC nas Figuras 45 e 46.

Tabela 30 - Indicadores de validação do modelo em RB

	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo	Taxa de erros	Área sob a curva ROC	Perda logarítmica	Perda quadrática	Recompensa esférica
Sintomas Físicos	0,8113	1	3,901%	0,9914	0,3578	0,1903	0,9081
Sintomas Psicológicos	0,8404	0,9093	11,72%	0,9525	0,383	0,2182	0,8871

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A partir de tais dados observa-se que para ambos as variáveis de interesse todos os indicadores mostraram-se satisfatório nas predições. O valor preditivo positivo aponta para probabilidade de que a amostra manifeste o conjunto de sintomas de interesse dado que a RB indicou que tal evento aconteceria, assim, para as categorias sintomatológicas tem-se probabilidades de acerto superiores a 80%. No caso do valor preditivo negativo, a probabilidade resultante está atrelada a não-ocorrência sintomatológica, ou seja, é a probabilidade de que a amostra não manifeste o conjunto de sintomas de interesse dado que a RB indicou que tal evento de fato não aconteceria, resultando em probabilidade superiores a 90%.

Figura 45 - Curva ROC para Sintomas Psicológicos

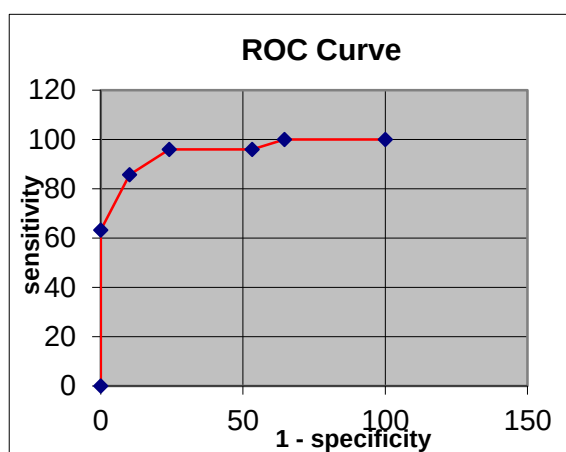
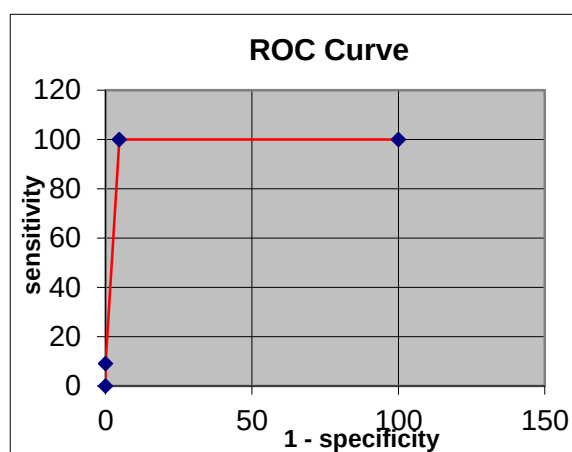


Figura 46 - Curva ROC para Sintomas Físicos



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Em outras palavras, tem-se uma RB com boa capacidade para prever a ocorrência do conjunto de sintomas de interesse, e também para negá-los, tendo neste último caso as predições

mais fortes. No caso do valor preditivo negativo para ocorrência de sintomas físicos (TABELA 30), em 100% dos casos em que a RB negou a ocorrência sintomatológica na amostra tais sintomas de fato não estiveram presentes.

Os demais indicadores da Tabela 30 corroboram com a validação do modelo e indicam uma mais forte adequação da RB para previsão do conjunto de sintomas físicos a medida que a taxa de erros, perda logarítmica e perda quadrática se manteve a valores mais próximos de 0, e concomitantemente, a área sob a curva ROC e recompensa esférica manteve-se valores mais próximos a 1.

Desta forma, com a RB validada, parte-se para a próxima etapa que consta da análise das tabelas de probabilidade condicional através da verificação da sensibilidade das variáveis resposta às variações dos estados das variáveis preditoras.

4.4.2.3 Análises de sensibilidade da RB

A Tabela 31 aponta para as probabilidades condicionais da ocorrência sintomatológica dado as interações das variáveis ambientais experimentais e perceptivas. Observe que tais valores se diferem dos valores das probabilidades simples não-condicional expostos na Tabela 27. Observa-se que para a ocorrência de seis ou mais sintomas físicos, as interações ambientais puderam alterar a probabilidade de 17,7% (TABELA 27) para 42,2%, um incremento de 24,5%. No caso dos sintomas psicológicos, as variáveis ambientais puderam alterar a probabilidade de ocorrência de quatro ou mais sintomas psicológicos de uma probabilidade simples de 38,4% (TABELA 27) para uma probabilidade condicional de 45,3%, um incremento de 6,9%.

Tabela 31 - Probabilidades condicionais para as variáveis resultado

Sintomas físicos		Sintomas psicológicos	
< 6 sintomas	57,8%	< 4 sintomas	54,7%
≥ 6 sintomas	42,2%	≥ 4 sintomas	45,3%

Fonte: dados da pesquisa (2016)

Os valores expostos na Tabela 31 são resultantes das interações de todas as variáveis da RB e consideram o contexto ambiental em que as coletas foram realizadas e as respostas dos profissionais a este ambiente. Entretanto, tais valores nada dizem sobre o potencial de cada variável isoladamente e como seus estados podem afetar as probabilidades das ocorrências sintomatológicas.

Para tanto, uma análise de sensibilidade foi realizada através do manuseio gráfico dos estados dos nós com o objetivo de identificar o poder de impacto de cada variável preditora e mediadora sob as variáveis resultado (TABELA 32). O valor inicial corresponde a

probabilidade para ocorrência de cada estado das variáveis resultado (sintomas físicos e psicológicos) sem que a análise de sensibilidade tenha sido feita, ou seja, é a probabilidade inicial, e serve de comparativo para verificar a amplitude dos efeitos finais e da influência de cada nó. Assim, pode-se observar na Tabela 32 os incrementos de probabilidade, que podem ser positivos, ou seja, resultam no aumento da probabilidade basal, ou ainda negativos quando há uma redução da probabilidade basal para ocorrência dos sintomas.

Tabela 32 - Análise de sensibilidade da Rede Bayesiana Global

		Sintomas Físicos ≥6 Sintomas (%)	I	Sintomas Psicológicos ≥4 Sintomas (%)	I
Valor Inicial		42,2		45,3	
PMV	Entre 0,5 a -0,5	40,7	-1,5	46,1	0,8
	Entre -0,5 e -1,5	43,8	1,6	43	-2,3
	< -1,5 e > 0,5	48,7	6,5	49,6	4,5
Percepção Térmica	Confortável	38,8	-3,4	42,7	-2,6
	Lev. desconfortável	46,1	3,9	47,9	2,6
	Desconfortável	47,9	5,7	52,3	7
	Muito desconf.	50,2	8	50,3	5
Ruído	<62dBA	45,6	-1,6	48	-1,2
	≥62dBA	40,6	3,4	44,1	2,7
Percepção Acústica	Incômodo	40,5	-1,7	44,9	-0,4
	Não Incômodo	47,1	4,9	46,6	1,3
Iluminação	≥100lx	41,7	-0,5	45	-0,3
	<100lx	42,5	0,3	45,6	0,3
Percepção Luminosa	Satisfação	37,5	-4,7	40,2	-5,1
	Neutralidade	44,1	1,9	49,7	4,4
	Insatisfação	49,3	7,1	49,2	3,9
Qualidade do ar	≥80µg/m ³	41,1	-1,1	41,1	-4,2
	81 a 150 µg/m ³	45,6	3,4	47,9	2,6
	>150µg/m ³	45,3	3,1	50,3	5
Percepção Atmosférica	Aceitável	38,6	-3,5	42,2	-3,1
	Bom	44,1	1,9	43,4	-1,9
	Ruim	46,7	4,5	52	6,7

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: I = incremento de probabilidade.

Com relação às manifestações sintomatológicas de caráter físico, os nós que mais impactaram foram os relativos ao conforto térmico, seja ele estimado (PMV) ou ainda perceptivo, e também a percepção luminosa, contribuíram com um acréscimo de até 7,1% na probabilidade de ocorrência de seis ou mais sintomas físicos. Resultados semelhantes ocorreram para os sintomas psicológicos, porém com menor amplitude, onde as características térmicas puderam incrementar em até 7% a ocorrência de quatro ou mais sintomas e a percepção

luminosa em até 4,4%. Para Magnavita *et al.* (2011) a influência dos níveis de desconforto térmico, luminoso e acústico podem inclusive ultrapassar os limiares estipulados pela RB, podendo ter um incremento de 10 à 58% na chance de desenvolver distúrbios musculoesqueléticos em membros superiores e região lombar.

A avaliação de prioridade perceptiva realizada pelo modelo Kano na seção 4.3.5 previu tal resultado. Semelhantemente, a avaliação perceptiva posicionou as variáveis térmicas como de maior poder sobre a percepção global. Observa-se que o modelo kano previu que a saída de um estado de conforto térmico percebido para um estado de desconforto poderia acrescer a chance de avaliar o ambiente global como desconfortável, enquanto que na Rede Bayesiana Global a saída de um estado de conforto térmico percebido para o desconforto gerou um incremento de cerca de 11,4% na ocorrência de seis ou mais sintomas físicos

García-Herrero *et al.* (2012a) identificaram resultados semelhantes numa avaliação voltada para vários setores econômicos. Em seus resultados, dentre as condições ambientais avaliadas, as que mais tiveram impacto sob a ocorrência de sintomas foram a temperatura e a baixa iluminação, contribuindo com um incremento na probabilidade basal de respectivamente 13,6% e 13% sob sintomas físicos.

A percepção relacionada à iluminação ambiental foi o segundo parâmetro mais influente sob a ocorrência sintomatológica a medida que as variações nos dados experimentais de “Iluminação” não resultaram em incrementos significativos no risco para ocorrência sintomatológica. A nível perceptivo, a saída de um estado de satisfação perceptiva luminosa para a insatisfação incrementa o risco de surgimento de sintomas físicos em 11,8%.

Entretanto, os nós relacionados à ruído e percepção acústica apresentaram divergências quanto aos resultados. Neste caso, o estado “ ≥ 62 dBA” pode incrementar o risco para queixas sintomatológicas de caráter físico 3,4% e para sintomas psicológicos em 2,7%, contudo a percepção do ruído não converge com tais resultados. A análise de sensibilidade do nó “percepção acústica” mostrou um resultado peculiar, neste caso o estado de incomodo reduziu o risco para desenvolvimento de queixas sintomatológicas em até 1,7%, em detrimento do nó “não incomodo” que contrariamente incrementou o risco em até 4,9%.

Isso pode ser explicado sob a perspectiva adaptativa já que quando expostos por período prolongado às intempéries ambientais, como forma de defesa e autoproteção, o corpo tende a se adaptar ao ambiente de maneira que o ruído que seria incômodo para um iniciante seria considerado não incômodo por outros que permanecem no local por um período maior. Quando há muitos problemas sonoros na UTI advindo de falsos alarmes a equipe tende a ignorar ou silenciar os aparelhos como uma tentativa de se adaptar ao ambiente (RYHERD *et al.*, 2012).

Sampaio Neto *et al.* (2010) revelaram que 97% dos profissionais em UTIs consideraram o ruído no setor moderado a intenso, mas apenas 50,7% sentiram-se incomodados. Secundariamente, a comunicação verbal como fonte de ruído pode amortecer a sensação de incômodo, já que nesse caso a fonte seria o próprio profissional e seria resultante de interações humanas (OLIVEIRA; ARENAS, 2012).

Ademais, segundo Salandin *et al.* (2011), a fonte do ruído é o que poderia direcionar a ocorrência de manifestações sintomatológicas já que o incômodo causado pelos “bips” dos aparelhos resultam em sensações perceptiva desconfortáveis mesmo quando a exposição aos ruídos não é alta.

Quanto a qualidade do ar, a única situação que pôde reduzir o risco para ocorrência de queixas tanto físicas quanto psicológica foi quando os profissionais foram expostos à concentração de PM_{2,5} inferiores à 80µg/m³, tal qual estipulado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2013), *Environmental Protection Agency* (EPA, 2012) e da resolução nº 09 da ANVISA. A nível perceptivo, observa-se que aceitabilidade atmosférica teve maior peso na redução do risco em comparação a qualquer outro estado, enquanto que a percepção atmosférica “Boa” decresceu o risco apenas para o surgimento de queixas sintomatológicas de caráter psicológico.

A partir de tais dados observou-se com frequência que a percepção e satisfação com o ambiente resultaram em valores mais altos nos incrementos de risco. Isto acontece porque o aborrecimento causado pela exposição a um ambiente termofísico inadequado afeta significativamente o estado psicológico do ocupante e seu bem-estar geral (LAMB; KWOK, 2016), e especialmente se o ocupante for do sexo feminino.

As mulheres com idade inferior a 50 anos, como é o caso da amostra desta pesquisa, tendem a julgar o ambiente mais severamente em comparação aos homens, tendo 12% a mais de probabilidade de se sentirem insatisfeitas com relação a temperatura, 69% a mais de probabilidade de se sentirem insatisfeitas com a qualidade do ar e 29% a mais de probabilidade de se sentirem insatisfeitas com a iluminação. Assim, mulheres apresentam mais queixas em relação a seu ambiente (KIM *et al.*, 2013) e, concomitantemente, podem estar mais propensas ao surgimento de sintomas.

Adicionalmente às análises ambientais, checkou-se a influência mútua entre os nós-resultado. Na Tabela 33 tem-se que em indivíduos que apresentem seis ou mais sintomas físicos há uma probabilidade adicional de 4,6% para a concomitante ocorrência de quatro ou mais sintomas de origem psicológica. Inversamente, em indivíduos que apresentem quatro ou mais

sintomas psicológicos há uma probabilidade adicional de 2,4% para a concomitante ocorrência de seis ou mais sintomas de origem física.

Tabela 33 - Análise de sensibilidade mútua entre sintomas físicos e psicológicos

		Sintomas Físicos ≥6 Sintomas (%)	I	Sintomas Psicológicos ≥4 Sintomas (%)	I
Valor Inicial		42,2		45,3	
Sintomas Físicos	≥6 Sintomas			49,9	4,6
	<6 Sintomas			42	-3,3
Sintomas Psicológicos	≥4 Sintomas	44,6	2,4		
	<4 Sintomas	38,6	-3,6		

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: I = Incremento de probabilidade.

Percebendo que variáveis ligadas ao conforto térmico tem prioridade perceptiva nesta amostra, como apontado pelo modelo Kano (Seção 4.3.5), e adicionalmente estas mesmas variáveis tem maior peso probabilístico sob de ocorrência de queixas sintomatológicas tanto de caráter físicos quanto psicológicos, formulou-se cenários de conforto e desconforto térmico na perspectiva de verificar como as demais variáveis se comportam em relação ao risco de exposição.

4.4.3 CENÁRIOS DE RISCO

A partir na análise de sensibilidade de cada variável é possível, através das interações, identificar cenários onde a sinergia entre os componentes ambientais interfere nas condições de saúde e bem-estar dos profissionais.

Considerando que a análise de sensibilidade posicionou as características térmicas do ambiente como variáveis de maior peso no surgimento dos sintomas, construiu-se dois cenários de risco, onde o ponto de partida é a caracterização do ambiente térmico, e o risco resultante das interações entre as variáveis ambientais internas considerará os vários estados que tais variáveis podem assumir.

Cenário 1: Ambiente termicamente neutro e confortável

Neste primeiro cenário tem-se um ambiente onde a sensação térmica estimada por meio do PMV está dentro da faixa de neutralidade e conjuntamente a percepção térmica autoreferida do profissional é de conforto. A partir deste momento o “valor inicial” é alterado pois tem-se a pré-condição de neutralidade e conforto térmico.

A Tabela 30 apresenta os resultados das interações entre as variáveis, onde pode-se perceber que há uma potencialização dos efeitos da exposição, especialmente quando se

considera as interações entre o ambiente térmico e luminoso, que neste cenário resultaria em um incremento de 20,3% no risco de surgimento de sintomas físicos.

Ademais, alguns cenários podem gerar probabilidade de risco equinâmes para o surgimento dos sintomas, como é o caso dos atributos de conforto acústico que em um ambiente termicamente confortável não gera incrementos no risco (TABELA 30).

Tabela 34 - Canário de risco em situação de conforto térmico

		Sintomas Físicos ≥6 Sintomas (%)	I	Sintomas Psicológicos ≥4 Sintomas (%)	I
Valor Inicial		37,4		43,8	
Ruído	<62dBA	33,4	-4	41,3	-2,5
	≥62dBA	46,4	9	49,3	7,5
Percepção Acústica	Incômodo	35,3	-2,1	43,7	-0,1
	Não Incômodo	45,3	7,9	43,8	0
Iluminação	≥100lx	36	-1,4	42,9	-0,9
	<100lx	38,5	1,1	44,4	0,6
Percepção Luminosa	Satisfação	32,4	-5	41,2	-2,6
	Neutralidade	40,1	2,7	42,6	-1,2
	Insatisfação	47,9	10,5	54	10,2
Qualidade do ar	≥80µg/m ³	35,1	-2,3	40,9	-2,9
	81 a 150 µg/m ³	50		50	
	>150µg/m ³	44,1	6,7	54,6	10,8
Percepção Atmosférica	Aceitável	33,4	-4	44	0,2
	Bom	39,1	1,7	38,3	-5,5
	Ruim	46,2	8,8	49,6	6,8

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Cenário 2: Ambiente termicamente desconfortável

A Tabela 31 apresenta a caracterização do risco no novo cenário, onde as características térmicas do ambiente fornecem desconforto ao ocupante. Observa-se que grande parte dos atributos ambientais perde sua força de predição o que é decorrente da predominância térmica. Como foi apontado pelo modelo kano (seção 4.3.5), a prioridade perceptiva dos profissionais intensivistas tende a posicionar as qualidades térmicas do ambiente como os principais quesitos direcionadores do conforto.

Tomando como ponto de partida a caracterização térmica das UTIs em questão, pode-se perceber, através de um comparativo entre as Tabelas 30 e 31, que o impacto das variáveis ambientais lumínica, acústicas e de qualidade do ar apresentaram um impacto inferior sob a ocorrência sintomatológica, tanto física quanto psicológica.

Tabela 35 - Canário de risco em situação de desconforto térmico

		Sintomas Físicos ≥6 Sintomas (%)	I	Sintomas Psicológicos ≥4 Sintomas (%)	I
Valor Inicial		49,1		51,4	
Ruído	<62dBA	47	-2,1	54,5	3,1
	≥62dBA	50		50	
Ruído	Incômodo	48,3	-2,1	52,5	-0,1
	Não Incômodo	50		50	
Iluminação	≥100lx	49,4	0,3	51	-0,4
	<100lx	48,8	-0,3	51,7	0,3
Percepção Luminosa	Satisfação	50	-1	50	1,5
	Neutralidade	48,1		52,9	
	Insatisfação	50		50	
Qualidade do ar	≥80µg/m ³	48,8	-0,3	51,7	0,3
	81 a 150 µg/m ³	50		50	
	>150µg/m ³	50		50	
Percepção Atmosférica	Aceitável	49,3	0,2	51,1	-0,3
	Bom	50		50	
	Ruim	48,6	-0,5	52,2	0,8

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Em um ambiente termicamente confortável, os demais quesitos ambientais amplificam seu impacto sob as condições de saúde da amostra, enquanto em um ambiente desconfortável o próprio desconforto causado pelas características térmicas seria o principal impulsionador das queixas de saúde.

Nota-se que na Tabela 30 as condições lumínicas, acústicas e de qualidade de ar tem contribuições para o risco, porém na Tabela 31 a contribuição de tais variáveis ambientais quando existe é mais amena. No caso das condições luminosas, ambos os cenários resultam em probabilidade equinânimes de ocorrência sintomatológica, o que acontece também com um cenário relativo às variáveis acústicas e outro de qualidade do ar, mostrando que em um ambiente termicamente desconfortável a ocorrência de tais cenários é irrelevante para o incremento no risco para o desenvolvimento de sintomas, pois as características térmicas por si assumem tal função.

Com o objetivo de melhor entender a influência isolada de cada dimensão de conforto sobre o surgimento dos sintomas, redes isoladas foram construídas para possibilitar examinar com mais detalhes os fatores influentes e visualizar cenários onde o risco é potencializado.

4.4.4 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS TÉRMICAS

Uma RB específica para as variáveis térmicas foi construída considerando além da percepção térmica e PMV abordadas na RB global, o desejo e sensação térmica. A Tabela 36

apresenta os valores dos testes de dependência condicional entre os nós, onde pode-se observar que as relações de dependência mais fortes estão presente entre os nós “desejo térmico” e “sensação térmica”.

Tabela 36 - *Mutual information* para a “RB Térmica”

	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos	PMV	Percepção térmica	Desejo térmico	Sensação térmica
Sintomas físicos		0,083656	0,0042584	0,032075	0,064815	0,041144
Sintomas psicológicos	0,083656		0,016913	0,019207	0,041088	0,068267
PMV	0,0042584	0,016913		0,059584	0,04783	0,096123
Percepção térmica	0,032075	0,019207	0,059584		0,22097	0,22916
Desejo térmico	0,064815	0,041088	0,04783	0,22097		0,54402
Sensação térmica	0,041144	0,068267	0,096123	0,22916	0,54402	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A nova rede foi construída segundo as dependências condicionais (TABELA 36), calibrada segundo os valores de Sensibilidade e Especificidade, validada através dos indicadores expostos na Tabela 37, e está configurada tal qual exposta na Figura 47.

Tabela 37 - Indicadores de ajuste do modelo de conforto térmico

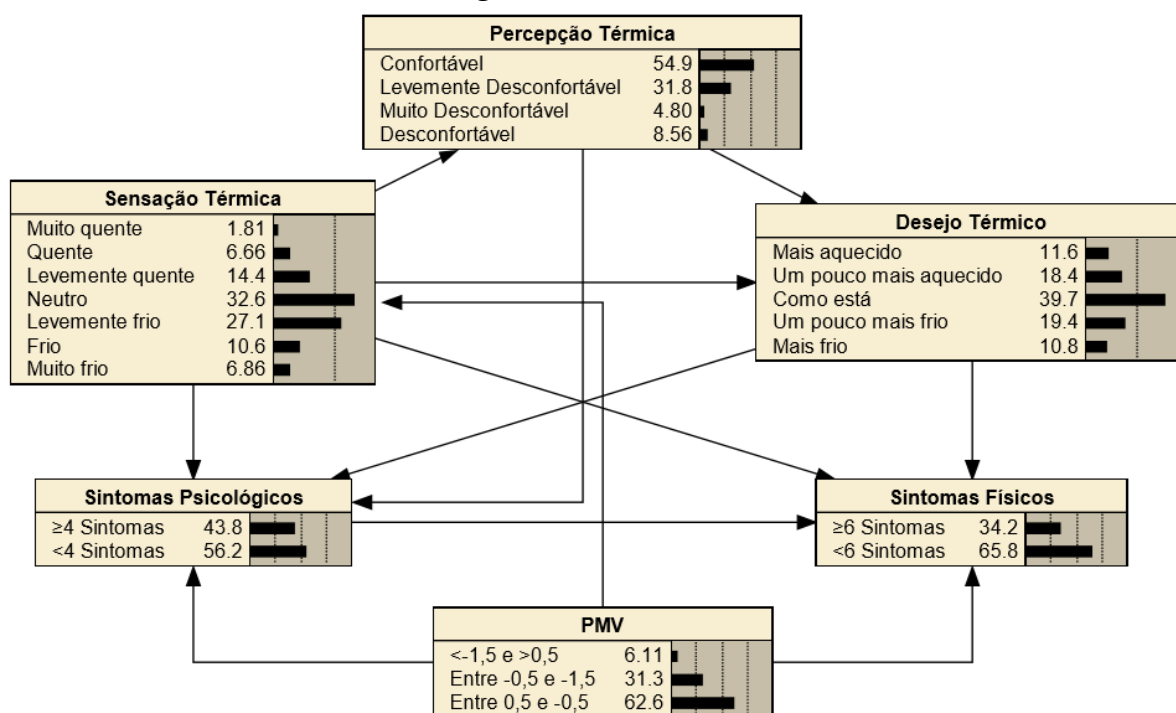
Tabela 6: Indicadores de ajuste de modelos de concreto terminados							
Indicadores de calibração							
Sensibilidade				Especificidade			
Sintomas físicos	0,714				0,925		
Sintomas Psicológicos	0,653				0,987		
Indicadores de validação							
	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo	Taxa de erros	Área sob a curva ROC	Perda logarítmica	Perda quadrática	Recompensa esférica
Sintomas Físicos	0,56	0,961	10,9%	0,855	0,381	0,2193	0,8857
Sintomas Psicológicos	0,969	0,821	14%	0,889	0,448	0,273	0,854

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Os indicadores revelam que em mais de 92% das vezes em que a rede previu a não ocorrência sintomatológica elas de fato não estavam presentes na amostra, com taxa de acerto nas previsões superior a 86%, tendo-se, portanto, boa capacidade para previsões.

A partir de então, segue-se para a análise de sensibilidade conjunta das variáveis, onde vislumbrou-se a combinação dos estados dos diversos nós relativos ao conforto térmico (TABELA 48).

Figura 47 - RB Térmica



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 38 expõe o resultado da combinação dos estados dos nós em questão, possibilitando a geração de 10 possíveis situações de exposição às variáveis térmica. Nas 4 primeiras conjunturas tem-se apenas variações dos estados dos nós “Sensação Térmica” e “Desejo Térmico”, podendo-se observar que para ambas as categorias de sintomas a manutenção da neutralidade foi a condição que resultou em maior redução na probabilidade de risco.

Para PMVs “Entre -0,5 e -1,5”, observados entre as conjunturas 5 e 8, as únicas variações de estados que permitiram reduções nas probabilidades de ocorrência sintomatológica foram as percepções e sensações de neutralidade (Caso 5), ou ainda as sensações e percepções com tendências à levemente frio (Caso 6). Os demais casos por gerarem necessidade de mudanças na conformação térmica resultaram em um incremento na probabilidade de ocorrência sintomatológica, mesmo quando a percepção térmica foi autoreferida como “Confortável” (Caso 7).

Finalmente, para os PMVs menores que -1,5 e maiores que 0,5, ou seja, para estimativas de sensações mais extremas, qualquer das demais conformações perceptivas autoreferida pôde gerar incrementos da probabilidade de risco. Nas conformações abordadas nos casos 9 e 13, mesmo que o profissional tenha se autorreferido como em um ambiente térmico confortável, como nos casos 9 e 10, o risco para a ocorrência sintomatológica

aumentou, podendo gerar nos casos mais extremos um incremento de até 27% na probabilidade basal.

Tabela 38 - Análise de sensibilidade conjunta – RB Térmica

					Sintomas físicos	Sintomas psicológicos
					≥ 6 sintomas	≥ 4 sintomas
Valor inicial					34,2	43,8
Caso	PMV	Percepção Térmica	Sensação Térmica	Desejo Térmico		
1	Entre 0,5 e -0,5	Confortável	Neutro	Como está	16% (-18,2%)	25% (-18,8%)
2	Entre 0,5 e -0,5	Confortável	Levemente frio	Como está	19,9% (-14,3%)	46,2 (+2,4%)
3	Entre 0,5 e -0,5	Confortável	Neutro	Um pouco mais frio	30% (-4,2%)	33,3% (-10,5%)
4	Entre 0,5 e -0,5	Confortável	Levemente frio	Um pouco mais quente	35% (+0,8%)	*
5	Entre -0,5 e -1,5	Confortável	Neutro	Como está	23,1% (-11,1%)	30% (-13,8%)
6	Entre -0,5 e -1,5	Levemente desconfortável	Levemente frio	Como está	15,7% (-18,5%)	33,3% (-10,5%)
7	Entre -0,5 e -1,5	Confortável	Neutro	Um pouco mais frio	41,7% (+7,5%)	*
8	Entre -0,5 e -1,5	Levemente desconfortável	Levemente frio	Um pouco mais quente	37,5% (+3,3%)	*
9	<-1,5 e >0,5	Confortável	Levemente frio	Como está	37,5% (+3,3%)	*
10	<-1,5 e >0,5	Levemente desconfortável	Frio	Um pouco mais aquecido	38,9% (+4,7%)	66,7% (+22,9%)
11	<-1,5 e >0,5	Levemente desconfortável	Levemente frio	Como está	37,5% (+3,3%)	*
12	<-1,5 e >0,5	Desconfortável	Frio	Um pouco mais aquecido	41,7% (+7,5%)	*
13	<-1,5 e >0,5	Muito desconfortável	Muito frio	Um pouco mais aquecido	61,2% (+27%)	66,7% (+22,9%)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: * sem resultados para este nó

Assim, pode estender que um cenário onde haja conforto térmico, seja ele estimado ou perceptivo, resultariam na atenuação dos riscos de exposição. Tal efeito também se propaga para estimações e percepções com tendências a temperaturas levemente frias. Entretanto, quando as estimações do PMV se posicionaram em estado de desconforto, o ambiente térmico proporcionou incrementos de risco para o desenvolvimento de sintomas, em detrimento das demais variáveis perceptivas.

Além disto, outros resultados referentes às influências das variáveis térmicas entre si são expostos na Tabela 39. Pode-se observar que as estimações referentes ao PMV neutro (Entre 0,5 e -0,5) e levemente frio (Entre -0,5 e -1,5) resultam em sensações térmicas autoreferida distintas, porém, percepções e desejos térmicos equânimes e, além disto, a percepção térmica de conforto e o desejo de manutenção do ambiente térmico apenas puderam estar presente quando a sensação térmica autoreferida foi neutra ou levemente fria, mostrando que tais

estimações do PMV são aproximadamente equivalentes neste ambiente de pesquisa e para a amostra.

Tabela 39 - Preferências térmicas

PMV	SENSAÇÃO TÉRMICA	PERCEPÇÃO TÉRMICA	DESEJO TÉRMICO
Entre 0,5 e -0,5	Levemente quente	Conforto	Um pouco mais aquecido
	14,4% → 15,9% (+1,5%)	54,9% → 55,6% (+0,7%)	18,4% → 17,8% (-0,6%)
	Neutro	Levemente desconforto	Como está
	32,6% → 37,5% (+4,9%)	31,8% → 31,9% (+0,1%)	39,7% → 40,5% (+0,8%)
Entre -0,5 e -1,5	Levemente frio	Desconforto	Um pouco mais frio
	27,1% → 23,9% (-13,2%)	8,56% → 8,12% (-0,4%)	19,4% → 20,2% (+0,8%)
	Levemente quente	Conforto	Um pouco mais aquecido
	14,4% → 12,8% (-1,6%)	54,9% → 55,3% (+0,4%)	18,4% → 18,7% (+0,3%)
<-1,5 e >0,5	Neutro	Levemente desconforto	Como está
	32,6% → 27,7% (-4,9%)	31,8% → 31,2% (-0,8%)	39,7% → 39,7% (=)
	Levemente frio	Desconforto	Um pouco mais frio
	27,1% → 31,9% (+4,8%)	8,56% → 8,63% (+0,1%)	19,4% → 18,6% (-0,8%)
	SENSAÇÃO TÉRMICA	PERCEPÇÃO TÉRMICA	DESEJO TÉRMICO
Levemente quente		Conforto	Um pouco mais aquecido
		54,9% → 27,3% (-27,6%)	18,4% → 8,63% (-9,8%)
		Levemente desconforto	Como está
		31,8% → 59,1% (+27,3%)	39,7% → 14,8% (-24,9%)
Neutro		Desconforto	Um pouco mais frio
		8,56% → 9,09% (+0,53%)	19,4% → 52,3% (+32,9%)
		Conforto	Um pouco mais aquecido
		54,9% → 70,8% (+15,9%)	18,4% → 12,8% (-5,6%)
Levemente frio		Levemente desconforto	Como está
		31,8% → 22,9% (-8,9%)	39,7% → 57,6% (+17,9%)
		Desconforto	Um pouco mais frio
		8,56% → 4,17% (-4,4%)	19,4% → 17,2% (-2,2%)
Levemente quente		Conforto	Um pouco mais aquecido
		54,9% → 78,6% (+23,7%)	18,4% → 17,6% (-0,8%)
		Levemente desconforto	Como está
		31,8% → 16,7% (-15,1%)	39,7% → 54,9% (+15,2%)
Neutro		Desconforto	Um pouco mais frio
		8,56% → 2,38% (-6,2%)	19,4% → 6,71% (-12,7%)
		PERCEPÇÃO TÉRMICA	DESEJO TÉRMICO
		Conforto	Um pouco mais aquecido
Leve desconforto			18,4% → 13,5% (-4,9%)
			Como está
			39,7% → 59,2% (+19,5%)
			Um pouco mais frio
Desconforto			19,4% → 11,8% (+10,4%)
			Um pouco mais aquecido
			18,4% → 25,1% (+6,7%)
			Como está
			39,7% → 15,7% (-24%)
			Um pouco mais frio
			19,4% → 32,2% (+12,8%)
			Um pouco mais aquecido
			18,4% → 22,1% (+3,7%)
			Como está
			39,7% → 16,1% (-23,6%)
			Um pouco mais frio
			19,4% → 21,1% (+1,7%)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Portanto, as estimações de PMV entre 0,5 e -1,5 podem gerar efeitos semelhantes nesta amostra tanto em termos de sensação e percepção autoreferida quanto aos efeitos sobre a ocorrência sintomatológica da amostra, mostrando que as necessidades térmicas destes profissionais tendem preferencialmente para temperatura frias, devendo-se considerar aqui a conformação geográfica e climática que a amostra está imersa e adaptada.

4.4.5 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS DE ILUMINAÇÃO

Uma nova rede contendo apenas variáveis de iluminação foi construída considerando além dos nós “conforto lumínico” e “percepção luminosa”, abordados na rede global, a percepção do nível de iluminação e seus efeitos sobre “cansaço visual”, “alterações de postura”, “dificuldade de execução da tarefa”. A Tabela 40 apresenta os valores dos testes de dependência condicional entre os nós, onde pode-se observar que as relações de dependência mais fortes estão presente entre os nós “Dificuldade de execução da tarefa” e “Fadiga visual”.

Tabela 40 - *Mutual information* para a “RB Iluminação”

	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos	Conforto luminoso	Dificuldade da execução da tarefa	Percepção do nível de iluminação	Fadiga visual	Percepção luminosa	Alterações posturais
Sintomas físicos		0,054	0,01	0,019	0,032	0,01	0,065	0,013
Sintomas psicológicos	0,054		0,012	0,016	0,016	0,013	0,025	0,018
Conforto luminoso	0,01	0,012		0,042	0,0102	0,015	0,026	0,021
Dificuldade da execução da tarefa	0,019	0,016	0,042		0,042	0,182	0,039	0,271
Percepção do nível de iluminação	0,032	0,016	0,0102	0,042		0,021	0,165	0,0342
Fadiga visual	0,01	0,013	0,015	0,182	0,021		0,052	0,301
Percepção luminosa	0,065	0,025	0,026	0,039	0,165	0,052		0,0178
Alterações posturais	0,013	0,018	0,021	0,271	0,0342	0,301	0,018	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A nova rede foi construída segundo as dependências condicionais (TABELA 36), calibrada segundo os valores de Sensibilidade e Especificidade, validada através dos indicadores expostos na Tabela 41, e está configurada tal qual exposta na Figura 48. Pode-se observar através dos indicadores que a rede apresenta melhores capacidade de previsão para os sintomas físicos, onde as previsões foram fiéis as ocorrências na amostra em mais de 80% das vezes e com taxa de acerto superior a 90%.

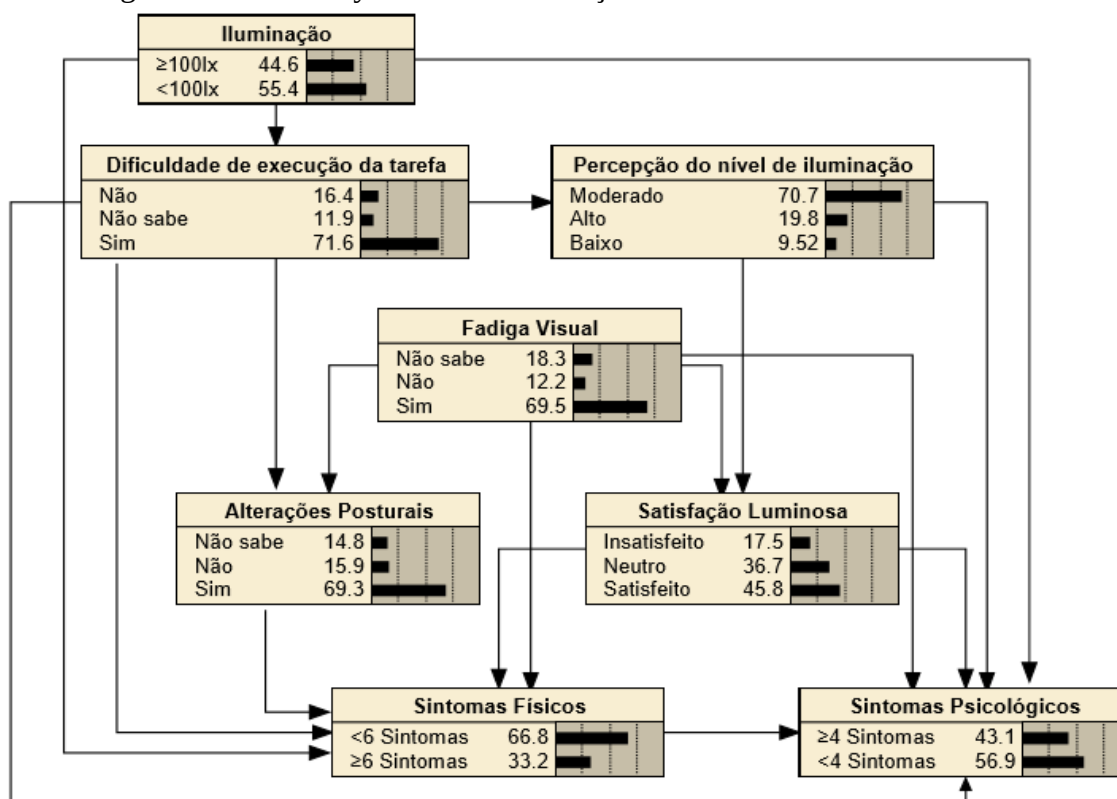
Tabela 41 - Indicadores de ajuste do modelo de iluminação

Tabela 1 - Indicadores de ajuste de modelo de Random Forest							
Indicadores de calibração							
		Sensibilidade			Especificidade		
Sintomas físicos		0,571			0,972		
Sintomas Psicológicos		0,673			0,886		
Indicadores de validação							
	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo	Taxa de erros	Área sob a curva ROC	Perda logarítmica	Perda quadrática	Recompensa esférica
Sintomas Físicos	0,8	0,919	9,375%	0,925	0,319	0,181	0,904
Sintomas Psicológicos	0,786	0,814	19,53%	0,8451	0,512	0,3284	0,8209

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A partir de então, segue-se para a análise de sensibilidade conjunta das variáveis, onde vislumbrou-se a combinação dos estados dos diversos nós relativos ao conforto térmico (TABELA 48).

Figura 48 - Rede Bayesiana de iluminação durante análise de sensibilidade



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 42 expõe o resultado da combinação dos estados dos nós em questão, possibilitando a geração de 8 possíveis situações de exposição a iluminação inadequada. Dentre os 8 casos apresentados tem-se que os maiores incrementos de risco estão presente em situações

onde os níveis de iluminação está abaixo de 100lx associado a insatisfação autorrelatada do profissional. Nestes casos, pode-se obter incrementos de risco de até 19,1% especialmente vinculados a ocorrência de sintomas de caráter físico. Atenta-se para o fato de que a redução na probabilidade de risco só foi possível em casos onde a satisfação com iluminação do setor esteve presente.

Tabela 42 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB iluminação”

				Sintomas físicos	Sintomas psicológicos
				≥ 6 sintomas	≥ 4 sintomas
Valor inicial				33,2	43,1
Caso	Iluminação	Percepção do nível de iluminação	Satisfação luminosa		
1	≥ 100lx	Alto	Satisfeito	26,6% (-6,6%)	39,1% (-4%)
2	≥ 100lx	Alto	Insatisfeito	46,6% (+13,4%)	*
3	≥ 100lx	Baixo	Satisfeito	28,6% (-7,6%)	*
4	≥ 100lx	Baixo	Insatisfeito	45,4% (+12,2%)	48,6% (+5,5%)
5	< 100lx	Alto	Satisfeito	26,9% (-6,3%)	50,5% (+7,4%)
6	< 100lx	Alto	Insatisfeito	51,6% (+18,4%)	53,6% (+10,5%)
7	< 100lx	Baixo	Satisfeito	30,8% (-2,4%)	*
8	< 100lx	Baixo	Insatisfeito	52,3% (+19,1%)	50,9% (+7,8%)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Legenda: * sem resultados para este nó

Ademais, pode-se identificar resultados adicionais que podem orientar a tomada de decisão. Resultados baseados na percepção e expectativas do ocupante sobre o ambiente, dentre as quais: (1) Quando o nível de iluminação foi percebido com “Baixo” a probabilidade de que o indivíduo esteja insatisfeito tem um incremento de 40%; (2) Quando a percepção do nível de iluminação foi “Alta” houve uma probabilidade incremental de 24,6% de que ele esteja satisfeito; (3) O cansaço visual à baixa iluminação resultou em um incremento de 11,4% na probabilidade para alterações de postura; (4) A dificuldade de execução da tarefa resultou em um incremento de 11,9% na probabilidade para a alteração postural à baixa iluminação.

Tais cenários de risco podem conduzir a medidas que potencializem o ambiente de forma a reduzir os efeitos da iluminação inadequada na saúde.

4.4.6 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS ACÚSTICAS

A RB específica para as variáveis de ruído foi construída, considerando apenas variáveis relacionada ao ambiente acústico, incluído medidas objetivas do ambiente (nó “Ruído”) e medidas perceptivas. A Tabela 43 apresenta os valores dos testes de dependência condicional entre os nós, onde pode-se destacar a relação entre os nós “Ruídos dos equipamentos” e “Percepção global de ruído”.

Tabela 43 - *Mutual information* para a “RB Ruído”

	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos	Ruído	Ruído dos equipamentos	Ruídos de fonte externa	Ruído do sistema de ventilação	Percepção global de ruído
Sintomas físicos		0,0513	0,00223	0,00745	0,0136	0,0147	0,00367
Sintomas psicológicos	0,0513		0,00431	0,00619	0,0203	0,0187	0,00912
Ruído	0,00223	0,00431		0,0568	0,0435	0,0669	0,0508
Ruído dos equipamentos	0,00745	0,00619	0,0568		0,0679	0,139	0,262
Ruídos de fonte externa	0,0136	0,0203	0,0435	0,0679		0,117	0,0996
Ruído do sistema de ventilação	0,0147	0,0187	0,0669	0,139	0,117		0,0649
Percepção global de ruído	0,00367	0,00913	0,0508	0,262	0,0996	0,0649	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A nova rede foi construída segundo as dependências condicionais (TABELA 43), calibrada segundo os valores de Sensibilidade e Especificidade, validada através dos indicadores expostos na Tabela 44, e está configurada tal qual exposta na Figura 49. Pode-se observar através dos indicadores que a rede apresenta uma alta capacidade para previsões da ocorrência e não ocorrência dos sintomas, dado que quando a rede indicou que tais sintomas ocorreriam eles de fato ocorreram em mais de 75% dos casos.

Tabela 44 - Indicadores de ajuste do modelo de Ruído

Tabela 44 - Indicadores de ajuste do modelo de Ruído							
Indicadores de calibração							
	Sensibilidade				Especificidade		
Sintomas físicos	0,65				1		
Sintomas Psicológicos	0,69				0,89		
Indicadores de validação							
	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo	Taxa de erros	Área sob a curva ROC	Perda logarítmica	Perda quadrática	Recompensa esférica
Sintomas Físicos	1	0,906	16,41%	0,7335	0,4141	0,2555	0,9
Sintomas Psicológicos	0,758	0,747	26,56%	0,7364	0,5612	0,3778	0,7869

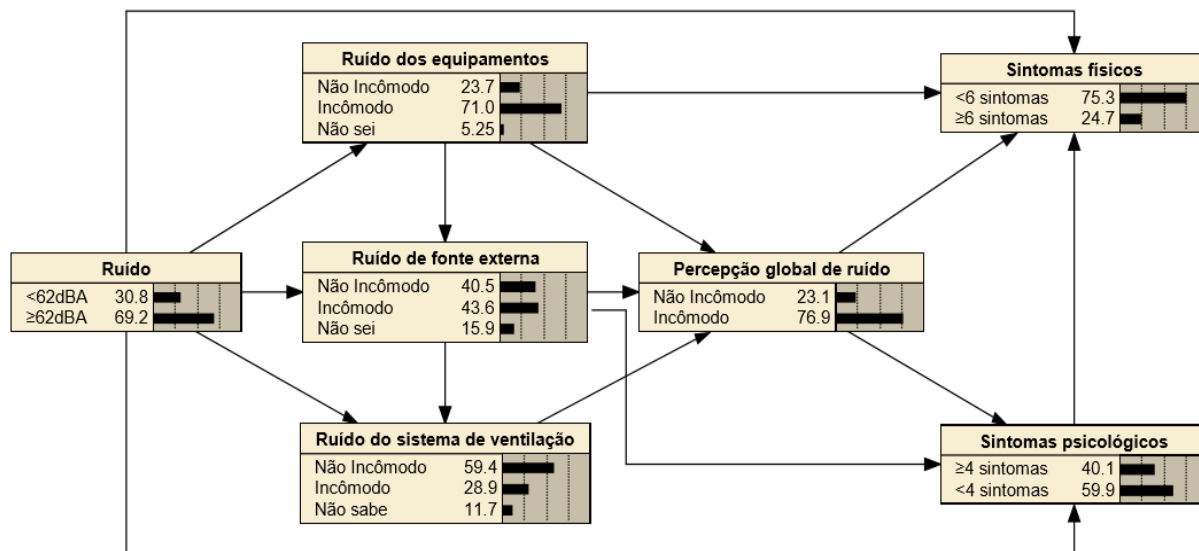
Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A partir de então, segue-se para a análise de sensibilidade conjunta das variáveis, onde vislumbrou-se a combinação dos estados dos diversos *nós* relativos à influência sobre a percepção global de ruído e sob a ocorrência de sintomas (TABELA 45).

A análise de sensibilidade e formulação de cenários de risco foram realizados tal qual exposto na Tabela 45, e retomando alguns dos resultados apresentados na Rede Bayesiana Global (Seção 4.4.2), pode-se constatar que uma investigação mais profunda de questões

relacionadas ao ruído e sua percepção, incluindo no modelo dados ignorados em etapas prévias, pode revelar seu real impacto por contextualizar os problemas relacionados ao ruído.

Figura 49 - Rede Bayesiana de Ruído



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A análise de sensibilidade conjunta possibilitou vislumbrar 4 casos, combinando os estados dos nós relativos às medições experimentais de ruído e da percepção de incômodo do ruído a partir da fonte. Os equipamentos do setor foram as fontes de ruído que forneceram maior incômodo global percebido, resultando em incrementos de +14,7%. As demais fontes de ruído resultaram em incrementos de +11,5% no caso de ruído de fonte externa, e +7,8% no caso de ruídos do sistema de ventilação (TABELA 45).

Tabela 45 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB Ruído”

Tabela 10 – Análise de Sensibilidade Conjunta – PD Ruído			Percepção global de ruído	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos
			Incômodo	≥ 6 sintomas	≥4 sintomas
Valor inicial			76,9%	24,7%	40,1%
Caso	Ruído	Ruído de equipamentos			
1	≥ 62dBA	Incômodo	91,2 % (+14,3%)	30,8% (+6,1%)	41,2%(+1,1%)
2	≥ 62dBA	Não incômodo	44,9% (-32%)	26,7% (+2%)	35,2% (-6%)
3	<62dBA	Incômodo	92,7% (+15,8%)	24,7% (0%)	47,9%(+7,1%)
4	<62dBA	Não incômodo	33% (-43,9%)	23,7% (-1%)	38,1%(-2%)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Considerando que, segundo Salandin *et al.* (2011), a fonte do ruído é o que poderia direcionar a ocorrência de manifestações sintomatológicas, já que o incômodo causado pelos “bips” dos aparelhos resultam em sensações perceptiva desconfortáveis mesmo quando a exposição aos ruídos não é alta, as análises de sensibilidade conjunta consideraram apenas o

ruído medido experimentalmente associado à percepção de ruído emitido a partir de equipamentos (TABELA 45).

A partir dos resultados expostos na Tabela 45, observa-se que em ambientes com ruído acima de 62 dBA, o incômodo e não incômodo com o ruído dos equipamentos são determinantes para “Percepção global de ruído”, podendo associadamente direcionar a ocorrência sintomatológica.

No caso dos sintomas físicos o limiar experimental do ruído acima de 62 dBA foi o estado que apresentou maior impacto nos incrementos de probabilidade, a medida que nos casos 1 e 2 da Tabela 45 mesmo quando a percepção variou entre incômodo e não incômodo o incremento ainda foi positivo. Entretanto, para os sintomas psicológicos a percepção do ruído advinda dos equipamentos teve mais impacto na ocorrência sintomatológica, podendo incrementar em até +7,1% na probabilidade de risco.

Portanto, tem-se que a associação entre o limiar de ruído presente no local e percepção que o profissional tem deste ruído, influenciados pela adaptabilidade e expectativas pessoais, podem direcionar a ocorrência de manifestações sintomáticas de ordem física e psicológica e devem ser avaliados conjuntamente.

4.4.7 MODELO DE REDE BAYESIANA COM FOCO NAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DO AR

A RB considerando apenas variáveis relacionada a qualidade do ar foi construída, na qual além dos nós previamente utilizados na rede global, foi incluso a percepção dos entrevistados sobre a situação da umidade, crescimento fúngico, poeira excessiva e presença de odores. A Tabela 46 apresenta os valores dos testes de dependência condicional entre os nós.

A nova rede foi construída segundo as dependências condicionais (TABELA 46), calibrada segundo os valores de Sensibilidade e Especificidade, validada através dos indicadores expostos na Tabela 47, e está configurada tal qual exposta na Figura 50. Pode-se observar através dos indicadores que a rede apresenta melhor capacidade de previsão para os sintomas físicos apontado pelo mais alto Valor Preditivo Negativo, melhor área sob a curva ROC e menor taxa de erros.

Tabela 46 - *Mutual information* para a “RB Qualidade do ar”

	Sintomas físicos	Sintomas psicológicos	Qualidade do ar	Percepção atmosférica	Percepção de alta umidade	Percepção de crescimento fúngico	Percepção da presença de odores	Percepção da presença de poeiras	Quando os sintomas começam?	Quando os sintomas pioram?	Sintomas desaparecem ao sair do trabalho?
Sintomas físicos		0,0567	0.011336	0.0429	0.00261	0.0107	0.0386	0.00224	0.0329	0.0551	0.0344
Sintomas psicológicos	0,0567		0.006	0.0507	0.00444	0.00444	0.0172	0.00329	0.0302	0.0131	0.0129
Qualidade do ar	0.0113	0.006		0.0294	0.0232	0.0107	0.0122	0.0461	0.0329	0.0551	0.0345
Percepção atmosférica	0.0429	0.0507	0.0294		0.0921	0.0457	0.0345	0.0774	0.0551	0.0519	0.0475
Percepção de alta umidade	0.00261	0.00444	0.02319	0.0921		0.0286	0.0104	0.00384	0.0159	0.0175	0.0275
Percepção de crescimento fúngico	0.0107	0.000746	0.0191	0.0457	0.0286		0.0106	0.0329	0.0152	0.023	0.0273
Percepção da presença de odores	0.0386	0.00111	0.0122	0.0345	0.0104	0.0106		0.00603	0.0368	0.0249	0.0226
Percepção da presença de poeiras	0.00224	0.00329	0.0461	0.0774	0.00384	0.0328	0.00603		0.0173	0.0268	0.0265
Quando os sintomas começam?	0.0329	0.0302	0.0308	0.0551	0.0159	0.0152	0.0369	0.0174		0.0896	0.0242
Quando os sintomas pioram?	0.0551	0.0131	0.0376	0.0519	0.0175	0.0230	0.0249	0.0268	0.0896		0.0283
Sintomas desaparecem ao sair do trabalho?	0.0345	0.0129	0.0213	0.0475	0.0275	0.0273	0.0226	0.0266	0.0242	0.0283	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

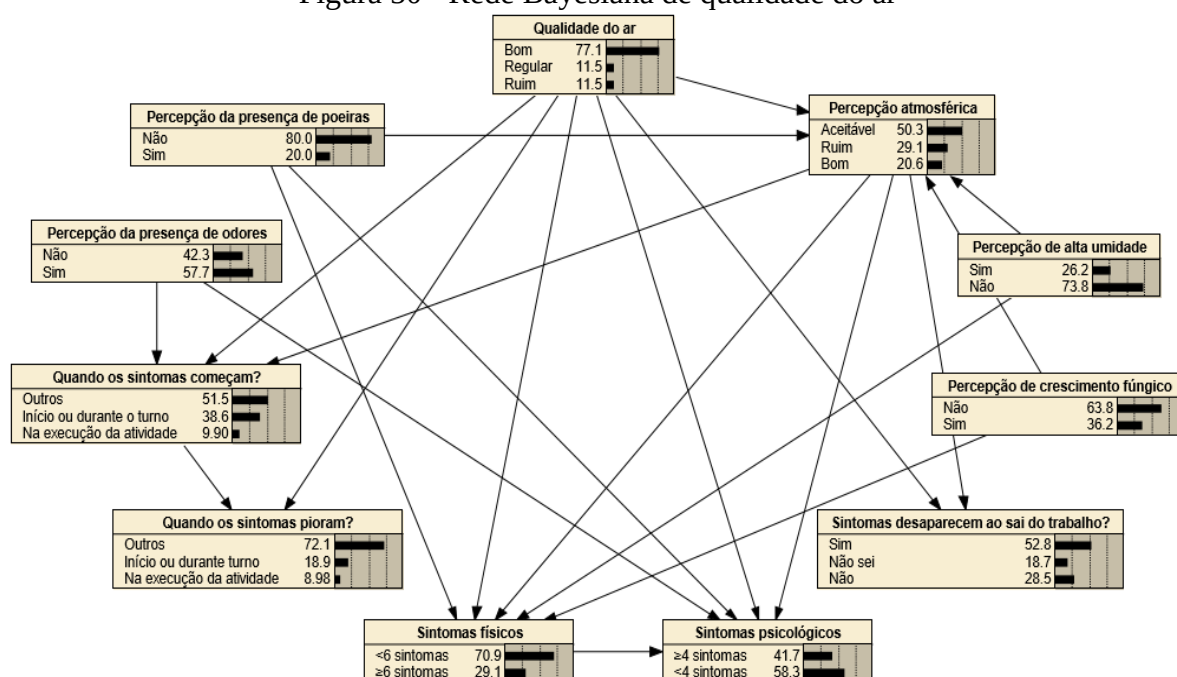
Tabela 47 - Indicadores de ajuste do modelo de Qualidade do ar

Indicadores de calibração							
	Sensibilidade				Especificidade		
Sintomas físicos	0,545				0,943		
Sintomas Psicológicos	0,653				0,835		
Indicadores de validação							
	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo	Taxa de erros	Área sob a curva ROC	Perda logarítmica	Perda quadrática	Recompensa esférica
Sintomas Físicos	0,664	0,91	12,5%	0,8544	0,3382	0,1962	0,8951
Sintomas Psicológicos	0,711	0,795	23.44%	0,8052	0,513	0,3366	0,8123

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A nova rede está exposta na Figura 50, e a análise de sensibilidade e formulação de cenários de risco foram realizados tal qual apresentado na Tabela 48.

Figura 50 - Rede Bayesiana de qualidade do ar



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Observa-se nesta nova rede a existência da inversão no vetor de ligação entre os nós “sintomas físicos” e “sintomas psicológicos”, neste caso os sintomas físicos seriam preditores de sintomas psicológicos, caso contrário do que se viu nas redes anteriores. Isso ocorre por que, no caso da qualidade do ar os sintomas fisiológicos decorrentes da reatividade do corpo aos poluentes aéreos dão origem aos sintomas físicos e concomitantemente causam desconforto

psíquico. Portanto, neste caso, os sintomas físicos seriam um intermediador entre a qualidade do ar e sintomas psicológicos.

A análise de sensibilidade conjunta exposta na Tabela 48 possibilitou associar os dados experimentais de qualidade do ar e a percepção da presença autoreferida de alta umidade, odores, crescimento fúngico e poeiras. Assim, obteve-se quatro casos em que os estados foram combinados possibilitando vislumbrar o resultado da associação de tais fatores.

Observa-se que para os sintomas de caráter físico, ao compararmos os casos 1 e 3, a redução da probabilidade de ocorrência foi bem mais significativa quando a qualidade do ar medida experimentalmente esteve adequada, indicando que as medições experimentais poderiam ter maior peso para o surgimento de sintomas físicos. Entretanto, para os sintomas psicológicos o único caso que pôde reduzir a probabilidade de ocorrência foi um cenário onde a qualidade do ar conjuntamente com a percepção do profissional (Caso 1) estiveram favoráveis.

Tabela 48 - Análise de sensibilidade conjunta – “RB Qualidade do ar”

						Sintomas físicos	Sintomas psicológicos
						≥ 6 sintomas	≥ 4 sintomas
Valor inicial						29,1%	41,7%
Caso	Qualidade do ar	Poeiras	Odores	Fungos	Umidade		
1	Bom	Não	Não	Não	Não	18,4%(-10,7%)	33,6%(-8,1%)
2	Bom	Sim	Sim	Sim	Sim	38,1%(+9%)	54,7%(+13%)
3	Ruim	Não	Não	Não	Não	28,1%(-1%)	51,2%(+9,5%)
4	Ruim	Sim	Sim	Sim	Sim	41,7%(+12,6%)	44,4%(+2,7%)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Assim, através de um comparativo entre o cenário de maior risco e o de menor risco para o profissional, pode-se entender que em relação aos sintomas de caráter físico a saída de um cenário de conforto (Caso 1) para um cenário de desconforto (Caso 4) pode incrementar em cerca de +23,3% a probabilidade de ocorrências sintomáticas, entretanto, com relação aos sintomas psicológicos este incremento pode variar entre +11,4% a +21,1% a depender da conformação perceptiva do profissional e de qualidade do ar do setor.

O início e desaparecimento dos sintomas são indicativos da associação de tais sintomas à qualidade do ar do setor. Em casos onde o início dos sintomas está associado ao acesso do indivíduo ao setor e após sua saída os sintomas diminuem ou desaparecem há um indicativo de que a qualidade do ar está prejudicada podendo resultar na síndrome do edifício doente. Tais nós estão presente na rede e contribuem para a avaliação e detecção do risco. Quando a concentração de PM_{2,5}, indicador da qualidade do ar, foi alta nas UTIs caracterizando um ambiente inadequado (estado “ruim”) a probabilidade dos sintomas começarem no início ou

durante o turno teve um incremento de +11,8% e de +9,9% de começarem concomitantemente à execução da atividade.

Portanto, entende-se que considerando os dados de qualidade do ar, a saída de um estado de conforto para um estado de desconforto pode incrementar positivamente o risco para o surgimento de sintomas físicos.

Pesquisas prévias corroboram com estes resultados. A exposição às PMs por curto e longo prazo tem sido associada a doenças cardiovasculares principalmente no que diz respeito a exposição a PM_{2,5}. A exposição a longo prazo parece aumentar o risco de mortalidade, contudo, a curto prazo os risco a saúde estão especialmente associado à susceptibilidade individual e predisposição biológica mediada por distúrbios pré-existentes como idade avançada e diabetes (MARTINELLI; OLIVIERI; GIRELLI, 2013).

Os riscos à saúde associados a exposição à PM por curto prazo tendem a ser semelhantes entre países desenvolvido e em desenvolvimento resultando em um acréscimo médio na mortalidade de 0,5% para cada incremento de 10µg/m³ de PM no ambiente (WHO, 2013).

A cadeia causal estaria especialmente ligada à influência das PMs sob a função microvascular e imunidade corporal. A exposição a altas concentrações de partículas pode resultar em redução de 2% em índice de capacidade pulmonar (BADYDA *et al.*, 2015; KAROTTKI *et al.*, 2014), risco relativo de 1,007 para o aumento de dias de internação por causas cardiovasculares, de 1,117 para incidência de bronquite crônica em adultos e 1,029 para asma em adultos a cada incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀ no ambiente (VIENNEAU *et al.*, 2015).

Ademais, o risco de adquirir doenças transmitidas por via área é especialmente elevado à altas exposições. Issarow *et al.* (2015) modelou o risco de adquirir doenças infecciosas por via aérea e constatou que a probabilidade de transmissão de doenças infecciosas foi afetada pela concentração de partículas no espaço, tempo de exposição às partículas, taxa de ventilação e taxa de ocupação. Uma exposição por 40h em um ambiente com 8 trocas de ar por hora pode resultar em um risco superior a 40% para adquirir doenças infecciosas transmitidas por via aérea.

Sabendo que os profissionais tratados nesta pesquisa tem tempo de exposição ainda maior em comparação à amostra de Issarow *et al.* (2015), 46,8% tem carga horária semanal superior a 45h e 65,6% trabalham em mais de 3 turnos, o risco de adquirir doenças infecciosas poderia ainda ser ampliando, considerando também a susceptibilidade à transmissão infecciosas das UTIs.

Resultados paralelos da análise desta rede mostram que: (1) O surgimento dos sintomas no início ou durante o turno incrementou positivamente a probabilidade em +3,3% de estes sintomas desapareçam ao sair do setor, ratificando sua associação às características ambientais; (2) A percepção da alta umidade incrementou em +6,7% a percepção atmosférica “Ruim”; (3) A percepção de crescimento fúngico incrementou em +4,8% a percepção atmosférica “Ruim”; (4) A percepção da presença de poeira incrementou em +24,7% a percepção atmosférica “Ruim”.

4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

A partir dos dados apresentados neste capítulo verifica-se que as características termofísicas das UTIs investigadas apresenta-se as margens do que é estipulado normativamente para o setor. Tais características associadas com a percepção, satisfação, saúde e bem-estar dos profissionais puderam fornecer cenários de exposição, assim como uma análise probabilística do risco, onde a cada variável mostrou ter uma influência menor ou maior no surgimento dos sintomas.

Nestes cenários as variáveis térmicas obtiveram destaque por influenciar com maior poder o surgimento de sintomas, tanto de caráter físico como de caráter psicológico, de maneira que as demais variáveis se posicionaram como um “pano de fundo” para a caracterização ambiental de percepção,

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou entender a Unidade de Terapia Intensiva sob a ótica da ergonomia ambiental, buscando identificar o peso das variáveis ambientais na saúde e no bem-estar dos profissionais intensivistas.

A construção de redes probabilística bayesianas possibilitaram estimar a força de predição de cada variável estudada. A construção da Rede Bayesiana Global pôde fornecer uma compreensão da interação entre as variáveis ambientais para a ocorrência de sintomas físicos e psicológicos, tanto sob o aspecto experimental quanto subjetivo.

No que diz respeito às estimações de risco, constatou-se que segundo a percepção térmica dos profissionais nas UTIs investigadas há um incremento de risco em torno de +8% para o surgimento do conjunto de sintomas considerados para a análise (aborrecimento, alterações de humor, ansiedade, estresse, cefaleia, dor de garganta, dores musculares, fadiga física e tensão muscular). Este percentual é bem próximo do apresentado pelo modelo teórico

PMV (Voto médio predito) da norma ISO 7730:2005. A variável iluminação foi o segundo fator de maior impacto, podendo contribuir com incrementos de +7,1% no risco para o surgimento de queixas sintomatológicas; a variável qualidade do ar gerou um incremento no risco de +6,7%; e, os aspectos acústicos geraram um incremento no risco no entorno de +3,4%.

A interação entre os atributos ambientais em um cenário de risco pôde evidenciar os efeitos conjuntos, revelando que a determinação de um ambiente térmico pode influenciar nas demais variáveis ambientais em relação à saúde dos profissionais em decorrência da prioridade perceptiva. Assim, em um ambiente termicamente confortável, os incrementos na probabilidade para a ocorrência sintomatológica decorrente dos demais atributos de conforto variaram entre 0,6% e 10,8%, entretanto, em um ambiente termicamente desconfortável estes incrementos mantiveram-se entre 0,2% e 3,1% mostrando que o próprio desconforto térmico é a principal fonte de risco neste ambiente e que o estado de conforto térmico pode direcionar a dinâmica das interações ambientais e a maneira como o ambiente é interpretado pelo profissional.

As redes bayesianas específicas, que nesta pesquisa são àquelas vinculadas a cada variável do conforto ambiental, permitiram ampliar a avaliação de risco. E, a inserção de variáveis tornam a rede muito complexa e pouco funcional para trabalhar com o a quantidade de dados abordados. Na rede bayesiana térmica a inclusão de *nós* relativos às variáveis desejo térmico e sensação térmica puderam consolidar a ideia de que a neutralidade e a aceitação do ambiente térmico são atributos essenciais para a redução de queixas sintomatológicas, podendo gerar nos casos mais extremos um incremento de até +27% na probabilidade basal. A rede bayesiana iluminação permitiu identificar o cansaço visual à baixa iluminação resultou em um incremento de +11,4% na probabilidade para alterações de postura, e a dificuldade de execução da tarefa resultou em um incremento de +11,9% na probabilidade para a alteração postural à baixa iluminação. A rede bayesiana qualidade do ar permitiu identificar que em um cenário onde há a ocorrência simultânea de má qualidade do ar e percepção da presença de alta umidade, crescimento fúngico, odores e poeiras, espera-se um incremento de até +12,6% no risco para o surgimento de queixas sintomatológicas. Já a rede bayesiana ruído permitiu observar a influência da fonte de ruído na percepção de conforto, identificando que o ruído dos equipamentos do setor são as fontes que mais provavelmente implicam em incômodo, com incremento de +14,7% no risco de queixas sintomatológicas.

Claramente tais limiares de risco são fundamentados pela conformação ambiental em que as UTIs da amostra se encontram, expondo o profissional intensivista a um ambiente às margens dos padrões de higiene, considerando os altos teores de umidade associado às altas concentrações de material particulado suspenso (PM_{2,5}) que se apresentou a um nível quatro

vezes superior ao estipulado pelas organizações de controle ambiental, contando também com uma iluminação insuficiente exigindo dos profissionais adaptações para a execução de uma tarefa de precisão como a executada nestes setores e limiares de ruído distante dos valores estipulados para o conforto dos ocupantes do setor.

Admite-se que o tema em questão envolve certa complexidade, merecendo um melhor aprofundamento por parte de alunos, professores e pesquisadores quando se relaciona risco ocupacional e desempenho, com reflexos na saúde de profissionais que exercem suas atividades em hospitais. A ocorrência de queixas sintomatológicas, seja elas de caráter físico ou psicológicos, envolve uma diversidade maior de variáveis se comparadas com as levadas em consideração nesta pesquisa, haja vista que outras variáveis como as pessoais, cognitivas e as organizacionais poderão ter relações representativas.

Futuras pesquisas poderão investigar a influência dos resultados obtidos com questões relativas à qualidade de vida, representação social do trabalho e expectativas dos profissionais, buscando otimizar a inserção do profissional nestes ambientes de maneira que as consequências advindas da exposição sejam minimizadas.

O quadro 17 expõe em quais momentos do texto os objetivos do trabalho foram alcançados.

Quadro 17- Objetivos e onde foram alcançados no texto

Amplitude do objetivo	OBJETIVO	CAPÍTULOS/SEÇÕES
Objetivo geral	Investigar o risco à saúde e bem-estar dos profissionais decorrente da exposição às variáveis ambientais nas Unidades de Terapia Intensiva.	Capítulo 4
Objetivo específico	Caracterizar as UTIs sob o aspecto da qualidade ambiental interna, levando em consideração as variáveis de temperatura, ruído, iluminação e qualidade do ar.	Capítulo 2 - Seção 2.3 Capítulo 4 - Seções 4.1, 4.2 e 4.3
Objetivo específico	Comparar a percepção do conforto térmico de profissionais em UTI com modelo teórico da norma ISO 7730/2005;	Capítulo 4 - Seção 4.3.1
Objetivo específico	Identificar o peso de cada variável ambiental na percepção de conforto dos profissionais em UTIs à luz do modelo Kano;	Capítulo 4 - Seção 4.3.5
Objetivo específico	Estruturar Redes Bayesianas para avaliar o risco à saúde dos profissionais resultante da exposição às variáveis ambientais.	Capítulo 4 - Seção 4.4

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

REFERÊNCIAS

- ABDAT, F. *et al.* Extracting recurrent scenarios from narrative texts using a Bayesian network: Application to serious occupational accidents with movement disturbance. **Accident Analysis & Prevention**, v. 70, pp.155–166, 2014.
- AEROSA, J, The importance of workers risk perceptions. **International Journal on Working Conditions**, n.3, pp. 54-64, june, 2012.
- AGUILERA, P,A. *et al.* Bayesian networks in environmental modelling. **Environmental Modelling & Software**, v.26, pp.1376-1388, 2011.
- AKHTAR, M.; UTNE, I. Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings – A Bayesian Network modeling approach. **Safety Science**, v. 62, pp. 427–440, 2014.
- ALAMEDDINE, M. *et al.* The intensive care unit work environment: current challenges and recommendations for the future. **Journal of Critical Care**, v. 24, n. 2, pp. 243–8, 2009.
- ALMEIDA, S.I.C. *et al.* História natural da perda auditiva ocupacional provocada pelo ruído, **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 46, n. 2, pp.143-158, 2000.
- ALVES-PEREIRA, M. *et al.* Low Frequency Noise Exposure and Biological Tissue: Reinforcement of Structural Integrity? **Applied Physics**, pp. 961-966, 2003.
- AMIB, Associação de Medicina Intensiva Brasileira. **Censo AMIB: Relatório de Unidade de Terapia Intensiva**, 2010. Disponível em:<<http://www.amib.org.br/index.php?id=631>> Acesso em: 12 de julho de 2014.
- ANDERSEN, M. Unweaving the human response in daylighting design. **Building and Environment**, v. 91, pp. 101–117, September, 2015.
- ANDERSON. J.O. *et al.* Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health, **Journal of Medical Toxicology**, v.8, pp.166–175, 2012,
- ANEZIRIS, O.N. *et al.* Assessment of occupational risks in an aluminium processing industry, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, pp. 321–329, 2010,
- ANGUS, D.C. The future of critical care. **Critical Care Clinics**, v.21, pp.163–169, 2005,
- ANTTONEN, H.; PAAKKONEN. R, Risk Assessment in Finland: Theory and Practice. **Safety and Health at Work**, v.1, n.1, pp.1-10, 2010.
- ANTUNES, MARCO LOURENÇO. **Exposição ao ruído de baixas frequências em meio ocupacional vs repercussões na qualidade do sono**. 80f. Dissertação (Mestrado em ciências do sono II) - Universidade de Lisboa - Faculdade de Medicina de Lisboa, Lisboa, 2009.
- ARA-SOUZA, A.L. Redes bayesianas: uma introdução aplicada a *credit scoring*. Relatório apresentado à comissão julgadora do concurso de Iniciação Científica do **19º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística**. Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, São Carlos, 2010.
- ARLINGHAUS, A. *et al.* structural equation modeling approach to fatigue-related risk factors for occupational injury. **American Journal of Epidemiology**, v. 176, pp.597-607, 2012.

- ASHRAE. **Standard 170**: Ventilation of Health Care Facilities, 2013.
- ASHRAE. **Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2006.
- ASHRAE. **Standard 62.1**: Ventilation for acceptable indoor air quality, Atlanta: American society of heating, refrigerating, and air conditioning engineers, 2007.
- ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, 2004.
- AVEN, T.; HEIDE, B. Reliability and validity of risk analysis. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 94, n. 11, pp. 1862–1868, 2009,
- AVERSARI, R.E.O.A. **Implicações de fatores ambientais na capacidade de trabalho dos enfermeiros em Unidades de Terapia Intensiva (UTI)**. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- AXELRAD, E.T. *et al.* A Bayesian Network Model for predicting insider Threats. **IEEE Security and Privacy Workshops**, 2013.
- AZIZPOUR, F. *et al.* Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC). **Energy and Buildings**, v.64, n.7, pp.317-322, 2013.
- BABISCH, W. *et al.* Noise annoyance - A modifier of the association between noise level and cardiovascular health? **Science of the Total Environment**, v. 452-3, pp. 50–57, 2013.
- BADYDA, A.J. *et al.* “Risk of bronchi obstruction among non-smokers - review of environmental factors affecting bronchoconstriction”. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 209, pp. 39-46, nov, 2015.
- BAKKE, H.; ARAUJO, N. Percepção de risco em profissionais de saúde em uma UTI, In: SANTOS, L.; LEITE, M.S. (org), **Interdisciplinaridade em Engenharia de Produção: aplicações e métodos**. João Pessoa: F&A Editora e Gráfica, 2013.
- BAKÓ-BIRÓ, Z. *et al.* Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. **Indoor Air**, v. 14, n. 3, pp. 178–87, 2004.
- BASNER, M, *et al.* Auditory and non-auditory effects of noise on health. **The Lancet**, v. 383, n. 9925, pp. 1325–1332, 2014.
- BELLIA, L. *et al.* Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. **Building and Environment**, v. 46, n. 10, pp. 1984–1992, 2011.
- BEN-GAL, I. *et al.* Identification of transcription factor binding sites with variable-order Bayesian networks. **Bioinformatics**, v.21, pp. 2657-2666, 2005.
- BERNSTEIN, J.A. *et al.* The health effects of nonindustrial indoor air pollution. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v.121, n.3, 2008.
- BLATTEIS, C.M. **Fisiologia e fisiopatologia da regulação da temperatura**. São Paulo: EdUSP, 2011.
- BOYCE, P.R. **Human factors in lighting**. 3^{ed}. Taylor & Francis: New York, 2014.

BRAGER, G.S.; DEAR, R. J. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. **Energy and Buildings**, v. 27, n. 1, pp. 83-96, 1998.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 17: Ergonomia**, 2009.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 9: Programa de prevenção de riscos ambientais**, 1994.

BRASIL. **NBR 10151: Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade - Procedimento**, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

BRASIL. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.

BRASIL. **NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores**. ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985.

BRASIL. **Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01): Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - São Paulo: Fundacentro, 2001.

BRASIL. **Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO 08): procedimento técnico - coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho**, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - São Paulo: Fundacentro, 2009.

BRASIL. **Resolução - RE nº 9**, de 16 de janeiro de 2003. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

BRICKUS, L.S.R.; WAISSMANN, W.; MOURA, M. A qualidade do ar dos ambientes de interiores. In: MENDES, R. (Org). **Patologia do trabalho**. 3º Ed, Vol.1. São Paulo: Atheneu, 2013.

BULLOUGH, J. *et al.* Light and Magnetic Fields in a Neonatal Intensive Care Unit. **Bioelectromagnetics**, v.17, p,396-405, 1996.

BUSCH-VISHNIAC, I.J. *et al.* Noise levels in Johns Hopkins Hospital. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 45, pp.118-3629, 2005.

CACHON. B.F. *et al.* Proinflammatory effects and oxidative stress within human bronchial epithelial cells exposed to atmospheric particulate matter (PM(2,5) and PM(>2,5)) collected from Cotonou, Benin. **Environmental pollution**, v. 185, pp. 340–51, mar, 2014.

CANNON, J. W. *et al.* Advanced Technologies in Trauma Critical Care Management. **Surgical Clinics of North America**, v. 92, n. 4, pp. 903–923, 2012.

CARDELLA, B. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas**. São Paulo: Atlas, 1999.

CARPENTER, M.B, **Fundamentos de neuroanatomia**, São Paulo: Panamericana, 1995,

CARVALHO, F.B. *et al.* Brazil: Where have we been? In: CRIPPEN, D.W. **ICU Resource allocation in the new millennium**, pp. 11-16. New York: Springer, 2013.

CARVALHO, J.V.F.; CHIANN, C. Redes Bayesianas: Um método para avaliação de interdependência e contágio em séries temporais multivariadas. **Revista Brasileira de Economia**, v. 67, pp. 201–217, 2013.

CARVALHO, W.B.; PEDREIRA, M.L.G.; AGUIAR, M.A.L. De. Nível de ruídos em uma unidade de cuidados intensivos pediátricos. **Jornal de pediatria**, v.81, n.6, pp. 495–498, 2005.

CASTRO, D. *et al.* Determination of noise level in the intensive care unit of the Coimbra Hospital and University Centre. In: AREZES, P, *et al.* (eds). **Occupational Safety & Hygiene**. London: Taylor and Francis Group, 2013.

CAVALCANTI, P.B. **Qualidade da iluminação em ambientes de internação hospitalar**. 168f, Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CEN, European Committee for Standardization. **EN 12464-1: Light and Lighting – Lighting of Work Places. Part 1: Indoor Work Places**, Brussels: 2002.

CHATTERJEE, S. Development of uncertainty-based work injury model using Bayesian structural equation modelling. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v.21, n.4, pp. 318–27, 2014.

CHEN, B. *et al.* Prediction of pulsed GTAW penetration status based on BP neural network and D-S evidence theory information fusion. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 48, pp.83–94, 2010.

CHEN, S.H.; POLLINO, C.A. Good practice in Bayesian network modelling. **Environmental Modelling & Software**, v.37, pp.134–145, 2012.

CHIOU, S.-T. *et al.* Health issues among nurses in Taiwanese hospitals: National survey. **International Journal of Nursing Studies**, v. 50, n. 10, pp. 1377–84, out, 2013.

CHOI, J.-H. *et al.* Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. **Building and Environment**, v. 50, p.65-75, 2012.

CHOI, J.-H.; ZHU, R. Investigation of the potential use of human eye pupil sizes to estimate visual sensations in the workplace environment. **Building and Environment**, v. 88, pp. 73–81, 2014.

CHRISTENSEN, M. Noise levels in a general Intensive Care Unit: a descriptive study. **Nursing in Critical Care**, v.12, n.4, pp.188-97, 2007.

CODINHOTO, R. *et al.* The impacts of the built environment on health outcomes, **Facilities**, v.27, n.3/4, pp.138-151, 2009.

CONTI, S. *et al.* Cardiorespiratory treatments as modifiers of the relationship between particulate matter and health: A case-only analysis on hospitalized patients in Italy. **Environmental Research**, v. 136, pp. 491–499, 2015.

CORGNATI, S.P. *et al.* Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. **Building and Environment**, v. 42, n. 2, pp. 951-959, fev, 2007.

CORNELL UNIVERSITY. **Indoor air quality assessments questionnaire**. Department of environmental safety and health, United States, 2011. Disponível em: <http://www.ehs.cornell.edu/file/occhealth/iaq_sop.pdf>, Acesso em: março/2015.

COSTA, G.J.C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 4º Ed. Edipucrs: Porto Alegre, 2006.

COSTA, G.L. *et al.* Ruído no contexto hospitalar: impacto na saúde dos profissionais de enfermagem. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 16, n. 4, 2011a.

COSTA, L.C.A. *et al.* Proposta Metodológica a Partir de Modelagem Bayesiana para Estudo Acústico em Salas de Aula. Anais **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, pp. 1-11, 2011.

COSTANZO, L.S. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

COUTINHO, A.S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. 2ºed. João Pessoa: Ed. Universitária, 2005.

CYPRESS, B.S. The lived ICU experience of nurses, patients and family members: a phenomenological study with Merleau-Pontian perspective. **Intensive & critical care nursing**, v. 27, n. 5, pp. 273–80, out. 2011.

DALKE, H. *et al.* Colour and lighting in hospital design. **Optics & Laser Technology**, v. 38, n. 4-6, pp. 343–365, jun. 2006.

DANIEL, W.W. **Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences**. 9º ed. New Jersey: Wiley & Sons, 2009.

DASCALAKI, E.G. *et al.* Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms. **Energy and Buildings**, v. 41, n.5, pp. 551-560, 2009.

DAVIS, H.; SILVERMAN, S.R. **Hearing and deafness**. 3ºed. New York: Rinehart & Winston. 1970.

DE GIULI, V. *et al.* Measured and perceived indoor environmental quality: Padua Hospital case study. **Building and Environment**, v.59, pp.211-226, 2013.

DEAR, R, J, *et al.* Progress in thermal comfort research over the last twenty years, **Indoor air**, v. 23, n. 6, pp. 442–61, 2013.

DEL FERRARO, S. *et al.* A field study on thermal comfort in an Italian hospital considering differences in gender and age. **Applied Ergonomics**, v. 50, pp. 177–184, set. 2015.

DELANEY, L. *et al.* What hath night to do with sleep; noise levels in ICU-Preliminary findings. **Australian Critical Care**, v.27, pp.43–63, 2014.

DELCROIX, V. *et al.* A Bayesian network for recurrent multi-criteria and multi-attribute decision problems: Choosing a manual wheelchair. **Expert Systems with Applications**, v. 40, pp. 2541–2551, 2013.

DEVORE, J.L. **Probabilidade e estatística para ciências e engenharia**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2006.

- DI, G.-Q. *et al.* Annoyance response to low frequency noise with tonal components: A case study on transformer noise. **Applied Acoustics**, v. 91, pp. 40–46, abr. 2015.
- DIANAT, I. *et al.* Objective and subjective assessments of lighting in a hospital setting: implications for health, safety and performance. **Ergonomics**, v. 56, n. 10, pp. 1535-45, 2013.
- DIAS, A. *et al.* Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbidos, **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n.1, pp. 63-68, 2006.
- DJONGYANG, N. *et al.* Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626-2640, 2010.
- DONCHIN, Y.; SEAGULL, J. The hostile environment of the intensive care unit. **Current Opinion in Critical Care**, v. 8, pp.316-320, 2002.
- DREBIT, S. *et al.* Occupational and environmental risk factors for falls among workers in the healthcare sector. **Ergonomics**, v. 53, n. 4, pp. 525-536, 2010.
- DROGUETT, E.L.; MENÊZES, R.C.S. Análise da confiabilidade humana via redes Bayesianas: uma aplicação à manutenção de linhas de transmissão. **Revista Produção**, v. 17, pp. 162-185, 2007.
- DRUYAN. A.; SOTER, S. Os mistérios da luz. In: **Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo**, Diretores: Brannon Braga, Bill Pope e Ann Druyan. Produção: Livia Hanich e Steven Holtzman, 2014.
- EAMES, I. *et al.* Airborne transmission of disease in hospitals. **Journal of The Royal Society Interface**, v.6, n.4, pp.697-702, 2009.
- ELIASSEN. K.M.; HOPSTOCK, L.A. Sleep promotion in the intensive care unit-a survey of nurses' interventions. **Intensive & Critical Care Nursing**, v. 27, n. 3, pp. 138-42, 2011.
- ELLIOTT, R. *et al.* Characterization of sleep in intensive care using 24-hour polysomnography: an observational study. **Critical Care**, v.17, n.2, pp. 1-10, 2013.
- ENGLEHARDT, J. D. *et al.* Analytical Predictive Bayesian Assessment of Occupational Injury Risk: Municipal Solid Waste Collectors. **Risk Analysis**, v.23, n.5, pp. 917–927, 2003.
- EPA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Revised air quality standards for particle pollution and updates to the Air Quality Index (AQI)**. United States Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA 454/R99-010, Disponível em: < <http://www.epa.gov/pm/2012/decfsstandards.pdf>.> Acesso em: 15/05/2015.
- ESCUADERO, D. *et al.* For an open-door, more comfortable and humane intensive care unit, It is time for change. **Medicina Intensiva** (English Edition), v. 38, n. 6, pp. 371–375, 2014.
- FARIA, V. *et al.* Perigos e riscos na medicina laboratorial: identificação e avaliação. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, n.3, pp. 241-247, 2011.
- FEKRY, A.A. *et al.* Develop an environmental assessment technique for human comfort requirements in buildings. **Housing and Building National Research Center Journal**, v. 10, n.1, pp.1-9, 2014.

- FLYNN, J. *et al.* Interim Study of Procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, October, pp. 87 – 94, 1973.
- FRANCK, U. *et al.* Multifactorial airborne exposures and respiratory hospital admissions - The example of Santiago de Chile. **Science of the Total Environment**, v. 502, pp. 114-121, 2015.
- FRANKLIN, B.A. *et al.* Air pollution and cardiovascular disease. **Current Problems in Cardiology**, v. 40, n. 15, pp. 207–238, jan. 2015.
- FRANSSON, N. *et al.* In search of the comfortable indoor environment: A comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort. **Building and Environment**, v. 42, pp. 1886–1890, 2007.
- FRIEDMAN, N. *et al.* Bayesian network classifiers. **Machine Learning**, v. 29, pp.131–163, 1997.
- FRONTCAZAK, M. *et al.* Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in Danish housing. **Building and Environment**, v. 50, p. 56–64, abr. 2012.
- FRONTCAZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, n.4, pp. 922-937, 2011.
- GAEVER, R, VAN. *et al.* Thermal comfort of the surgical staff in the operating room. **Building and Environment**, v. 81, pp. 37–41, 2014.
- GAIDAJIS, G.; ANGELAKOGLU, K, Indoor mass concentrations of particulate matter, **Global NEST Journal**, v. 16, n. 5, pp. 832–839, 2014,
- GANSLANDT, R.; HOFMAN. H. **Handbook of lighting design**. Bertelsmann International Group Company: Germany, 1992.
- GAO, N.P.; NIU, J.L. Modeling particle dispersion and deposition in indoor environments. **Atmospheric Environment**, v.41, n. 18, pp. 3862–3876, 2007,
- GARCÍA-HERRERO, S. *et al.* Bayesian network analysis of safety culture and organizational culture in a nuclear power plant. **Safety Science**, v.53, pp.82-95, 2013a.
- GARCÍA-HERRERO, S. *et al.* Influence of task demands on occupational stress: gender differences. **Safety Science**, v.43, n.5-6, pp.365-374, 2012b.
- GARCÍA-HERRERO, S. *et al.* Using Bayesian network to analyze occupational stress caused by work demands: Preventing stress through social support. **Accident Analysis and Prevention**. v.57, pp.114–123, 2013b.
- GARCÍA-HERRERO, S. *et al.* Working conditions psychological/physical symptoms and occupational accidents, Bayesian network models. **Safety Science**, v.50, n.9, pp.1760-1764, 2012a.
- GODISH, T. Indoor Air Quality: Biological/Particulate-Phase Contaminant Exposure Assessment Methods. In: STANTON *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**, London: CRC Press, 2005.

GOMES, J.R. Saúde ocupacional no hospital. **Revista Paulista Hospitalar**, v.22, n.06, pp. 274-276, 1974.

GORGES, M. *et al.* Improving alarm performance in the medical Intensive Care Unit using delays and clinical context. **Anesthesia & Analgesia**, v.108, n.5, pp.1546–52, 2009.

GRANDJAN. E.; KROENER, K.M.E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5° ed. São Paulo: Bookman. 2011.

GRENVIK, A.; PINSKY, M.R. Evolution of the intensive care unit as a clinical center and critical care medicine as a discipline, **Critical Care Clinics**, v. 25, n. 1, pp. 239-50, 2009.

GUERRERO-BARBOSA, T, E.; AMARÍS-CASTRO, G, E, Application of Bayesian techniques for the identification of accident-prone road sections, **DYNA**, v.81, n.187, pp. 209–214, 2014.

GUYTON, A.; HALL, J. **Fisiologia Humana e mecanismos das doenças**. São Paulo: Guanabara Koogan, 1998.

HALDI, F.; ROBINSON, D. On the unification of thermal perception and adaptive actions. **Building and Environment**, v. 45, n. 11, pp. 2440–2457, 2010.

HALPERN, N.; PASTORES, S.M. Critical care medicine in the United States 2000-2005: an analysis of bed numbers, occupancy rates, payer mix, and costs. **Critical Care Medicine**, v. 38, n.1, pp. 65-71, 2010.

HÄNNINEN, M. *et al.* Bayesian network model of maritime safety management. **Expert Systems with Applications**, v.41, n.17, pp. 7837–7846, 2014.

HARRIS, G. *et al.* The association of PM2,5 with full term low birth weight at different spatial scales. **Environmental Research**, v.134C, pp. 427–434, 2014.

HASSELHORN. H.M.; TOOMINGAS, A.; LAGERSTROM, M. **Occupational health for health care workers**: A practical guide. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Science B.V., 1999.

HEDGE, A. Indoor air quality: chemical exposures. In: STANTON *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. London: CRC press, 2005.

HEIDEMANN, A.M. *et al.* Influência do nível de ruídos na percepção do estresse em pacientes cardíacos. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 23, n. 1, pp. 62–67, 2011.

HIGNET, S.; LU, J. Evaluation of critical care space requirements for three frequent and high-risk tasks. **Critical Care Nursing Clinics of North America**, v.19, n.2, pp.167-175, 2007.

HILGEMBERG, C.E. *et al.* Um estressor denominado “Ruído”. **X Congresso Brasileiro de Terapia Intensiva**, Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 2002 (Suppl).

HOBDAY, R.A.; DANCER, S.J. Roles of sunlight and natural ventilation for controlling infection: historical and current perspectives. **The Journal of hospital infection**. v. 84, n. 4, pp. 271–82, 2013.

HORIE, S. Occupational health policies on risk assessment in Japan. **Safety and health at work**, v. 1, n. 1, pp. 19–28, set, 2010.

HSU, H.-I. *et al.* An integrated approach to assess exposure and health-risk from polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a fastener manufacturing industry. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.11, n.9, pp. 9578-94, 2014.

HSU, S. *et al.* Associations of exposure to noise with physiological and psychological outcomes among post-cardiac surgery patients in ICUs, **CLINICS**, v. 65, n. 10, pp. 985-989, 2010,

HU, R. *et al.* An investigation of light and sound levels on intensive care units in China. **Australian Critical Care**, pp. 6-11, 2015.

HUANG, L. *et al.* A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. **Building and Environment**, v.49, pp.304-309, 2012.

HUISMAN, E.R.C.M. *et al.* Healing environment: A review of the impact of physical environmental factors on users. **Building and Environment**, v. 58, pp. 70–80, 2012,

HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J, F, The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, pp. 667–684, 2002.

HWANG, R.-L. *et al.* Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan. **Building and Environment**, v. 42, n. 8, pp. 2980–2987, 2007.

HWANG, R.-L. *et al.* Thermal perceptions, general adaptation methods and occupant's idea about the trade-off between thermal comfort and energy saving in hot–humid regions. **Building and Environment**, v. 44, n. 6, pp. 1128-1134, 2009.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2ºed. São Paulo: Blucher, 2005.

IMAM, M.E.-H. *et al.* Risk Assessment of Physical Health Hazards in Al-Azhar University Hospital in New Damietta, Egypt. **The Egyptian Journal of Hospital Medicine**, v. 53, n. October, pp. 1019-1035, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**: Ergonomics of the thermal environment -- Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Genebra, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14644-1**: Salas limpas e ambientes controlados associados Parte 1: Classificação da limpeza do ar, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environments - instruments for measuring physical quantities. Geneva, Switzerland, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ambientes Térmicos Moderados - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico, Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8995**: Iluminação em ambientes de trabalho (Parte 1), 2013.

ISMAILA, S.O.; ODUSOTE, A. Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry. **Journal of Basic and Applied Sciences**, v.3, n.2, pp. 116-121, 2014.

ISSAROW, C.M., *et al.* Modelling the risk of airborne infectious disease using exhaled air. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, pp. 100-106, Maio, 2015.

JOHANSSON, L. *et al.* The sound environment in an ICU patient room--a content analysis of sound levels and patient experiences. **Intensive & Critical Care Nursing**, v.28, n.5, pp.269-79, 2012.

JORDAN, M.I. **Learning in Graphical Models**. Cambridge: MIT Press, 1999.

JUNG, C.-C. *et al.* Indoor air quality varies with ventilation types and working areas in hospitals. **Building and Environment**, v. 85, pp. 190–195, dez. 2015.

KAKEHASHI, T.Y. *et al.* Nível de ruído na unidade de terapia intensiva neonatal. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n.4, pp. 404-409, 2007.

KALFON, P. Sources de nuisances et d'inconforts en réanimation. **Réanimation**, v. 19, n. 3, pp. 221-227, maio 2010.

KAROTTKI, D.G. *et al.* Cardiovascular and lung function in relation to outdoor and indoor exposure to fine and ultrafine particulate matter in middle-aged subjects. **Environment international**, v. 73, pp. 372–381, 2014.

KELLY, F.E. *et al.* Intensive care medicine is 60 years old: the history and future of the intensive care unit. **Clinical medicine** (London. England), v. 14, n. 4, pp. 376–9, 2014.

KENNEDY, P. **Manual de econometria**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

KHADEMI, G. *et al.* Noise Pollution in Intensive Care Units and Emergency Wards. **Iranian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 23, n. 4, pp. 141–148, 2011.

KHAKZAD, N. *et al.* Dynamic safety analysis of process systems by mapping bow-tie into Bayesian network. **Process Safety and Environmental Protection**. v.91, n.1-2, pp. 46-53, 2013b.

KHAKZAD, N. *et al.* Quantitative risk analysis of offshore drilling operations: A Bayesian approach. **Safety Science**, v. 57, pp. 108-117, 2013a.

KHODAKARAMI, J.; NASROLLAHI, N. Thermal comfort in hospitals – A literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n.6, pp.4071-4077, 2012.

KIM, J. *et al.* Gender differences in office occupant perception of indoor environmental quality (IEQ). **Building and Environment**, v. 70, pp. 245–256, 2013.

KIM, J.; DEAR, R. Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. **Building and Environment**, v. 49, pp. 33-40, mar. 2012.

KIM, J.T. *et al.* Development of the adaptive PMV model for improving prediction performances. **Energy and Buildings**, v. 98, pp. 100–105, 2015a.

KIM, K. *et al.* A review on the human health impact of airborne particulate matter. **Environment International**, v. 74, pp. 136-143, 2015b.

KNAVE, B. Ergonomics and lighting. **Applied Ergonomics**, v.15, n.1, pp.15-20, 1984.

KONKANI, A.; OAKLEY, B. Noise in hospital intensive care units - a critical review of a critical topic. **Journal of Critical Care**, v.27, n. 5, pp.522-522, 2012.

KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5ªed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KRUEGER, C. *et al.* Neonatal intensive care unit sound levels before and after structural reconstruction. **MCN: The American Journal of Maternal/Child Nursing**, v.32, n.6, pp.358-62, 2007.

KRUTMANN, J. *et al.* Pollution and skin: From epidemiological and mechanistic studies to clinical implications. **Journal of dermatological science**, v. 76, pp. 163-168, 2014.

KUDCHADKAR, S.R. *et al.* Sleep of critically ill children in the pediatric intensive care unit: a systematic review. **Sleep Medicine**, v. 18, n. 2, pp. 103-10, 2014.

KUSHAIRI, A.A. *et al.* Perceptions on thermal comfort in general wards for. **Journal of Building Performance**, v. 6, n. 1, pp. 15–31, 2015.

LAMB, S.; KWOK, K.C.S. A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers. **Applied Ergonomics**, v. 52, pp. 104–111, 2016.

LANDRIGAN, C.P. Healthcare provider working conditions and well-being: sharing international lessons to improve patient safety. **Journal of Pediatrics**, v.87, n.6, pp.463-5, 2011,

LAUBACH, V. *et al.* Shhh... I'm Growing: Noise in the NICU. **Nursing Clinics of North America**, v. 49, n. 3, pp. 329–344, set, 2014.

LAWSON, N. *et al.* Sound intensity and noise evaluation in a critical care unit. **American Journal of Critical Care**, v. 19, n. 6, pp. 88–98, nov. 2010.

LE MOUAL, N. *et al.* Environment and asthma in adults. **Presse Médicale**, v. 42, n.9-2, pp.317-33, 2013.

LEE, C.-J.; LEE, K.J. Application of Bayesian network to the probabilistic risk assessment of nuclear waste disposal, **Reliability Engineering and System Safety**, v. 91, n. 5, pp.515–532, 2006,

LEE, E.G. *et al.* Exposure models for the prior distribution in bayesian decision analysis for occupational hygiene decision making. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 10, n. 2, pp. 97–108, jan. 2013.

LEITÃO, I. *et al.* Saúde ocupacional: analisando os riscos relacionados à equipe. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 7, n. 4, pp. 476-484, 2008.

LEITE, M.A.; VILA, V.S.C. Dificuldades vivenciadas pela equipe multiprofissional na unidade de terapia intensiva. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v.13, n.2, pp.145-50, 2005.

LEU, S.; CHANG, C. Bayesian-network-based safety risk assessment for steel construction projects. **Accident Analysis and Prevention**, v.54, pp. 122-133, 2013.

LI, Y. *et al.* Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environmental multidisciplinary systematic review. **Indoor Air**, v. 17, pp.2-18, 2007.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, 2009.

LILIAN, T. *et al.* Effect of long-term outdoor air pollution and noise on cognitive and psychological functions in adults. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 218, n. 1, pp. 1-11, set. 2015.

LIMA JUNIOR, J. *et al.* Avaliação das condições de trabalho em hospitais de Natal, Rio Grande do Norte. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 43, pp.670-676, 2009.

LINS, F.G.A.A. **Contribuição ao estudo da variação da produtividade em função das condições termoambientais**: Estudo de caso no CEFET-AL. São Paulo: Blucher acadêmico, 2010.

LOMBOY, M.F.T.C. *et al.* Characterization of particulate matter 2,5 in an urban tertiary care hospital in the Philippines. **Building and Environment**, v. 92, pp. 432–439, 2015.

LOSSO, E. *et al.* Iluminação em ambientes médico-hospitalares. **VI Simpósio em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia**, 2013.

LU, F. *et al.* Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM_{2,5} and PM₁₀ pollution in the Chinese population. **Environmental Research**, 136, pp.196–204, 2015.

LUNA, J.E.O. **Algoritmos em para aprendizagem de redes bayesianas a partir de dados incompletos**. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2004.

LUZ, F. *et al.* Riscos ocupacionais de uma indústria calçadista sob a ótica dos trabalhadores. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.66, pp. 67-73, 2013.

MACEDO, I.S.C. *et al.* Avaliação do ruído em Unidades de Terapia Intensiva, **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 75, n. 6, pp. 2008-2010, 2009.

MAGNAVITA, N. *et al.* Environmental discomfort and musculoskeletal disorders. **Occupational Medicine**, v. 61, n. 3, pp. 196-201, 2011.

MARTÍN, J.E. *et al.* Bayesian network analysis of workplace accidents caused by falls from a height. **Safety Science**, v.47, n.2, pp. 206–214, 2009.

MARTINELLI, N. *et al.* Air particulate matter and cardiovascular disease: a narrative review. **European journal of internal medicine**, v. 24, n. 4, pp. 295-302, jun. 2013.

MARTINEZ, E.Z. *et al.* A curva ROC para teste diagnósticos. **Cadernos de saúde pública**, v. 11, n.1, pp.7-21, 2003.

MARTINS, M.; MATURANA, M. Application of Bayesian Belief networks to the human reliability analysis of oil tanker operation focusing on collision accidents. **Reliability Engineering and System Safety**, v.110, pp.89-109, 2013.

MÁSCULO, F.; OLIVEIRA, R. Organização do trabalho e o risco de aquisição de LER/DORT: um estudo de caso, In: SANTOS, L.; LEITE, M.S. (org), **Interdisciplinaridade em engenharia de produção: aplicações e métodos**. João Pessoa: F&A Editora e Gráfica, 2013.

MATZLER, K. *et al.* How to delight your customers. **Journal of Product & Brand Management**, v.5, n.2, pp. 6-18, 1996.

MC CARNEY, R. *et al.* The Hawthorne effect: a randomized, controlled trial. **BMC Medical Research Methodology**, v.7, n.30, 2007.

MC DOWALL, R. Ventilation and Indoor Air Quality. In: **Fundamentals of HVAC Systems**, pp. 45-56, 2007. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123739988>> Acesso em: 11/2014.

MELIKOV, A.K.; KACZMARCZYK, J. Air movement and perceived air quality. **Building and Environment**, v. 47, pp.400-409, 2012.

MEMOLI, G. *et al.* Towards the acoustical characterization of an Intensive Care Unit. **Applied Acoustics**, v.79, pp.124–130, 2014.

MENDES, A. *et al.* Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers. **Urban Climate**, ago, 2014, *In press*.

MENDES, R. Conceito de adoecimento relacionado ao trabalho e sua taxonomia. In: MENDES, R. (Org). **Patologia do trabalho**. 3º Ed, Vol.1. São Paulo: Atheneu, 2013.

MERILÄINEN, M. *et al.* Patient's interactions in an intensive care unit and their memories of intensive care: A mixed method study, **Intensive and Critical Care Nursing**, v.29, n. 2, pp.78-87, 2013,

MIGUEL, A.S.S.R. **Manual de higiene e segurança no trabalho**. 13ªed. Porto - Portugal: Porto Editora, 2014.

MILLER, K. *et al.* Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. **The New England Journal of Medicine**, v.356, n.5, pp.447–458, 2007.

MIRANDA, E.J.P.; STANCATO, K. Riscos à saúde de equipe de enfermagem em unidade de terapia intensiva: proposta de abordagem integral à saúde. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 20, pp. 68-76, 2008.

MOLHAVE, L. *et al.* Effects on human eyes caused by experimental exposures to office dust with and without addition of aldehydes or glucan. **Indoor Air**, v. 19, pp. 68-74, 2009.

MONTEIRO, L.F. *et al.* Ergonomics analysis based on temperature and thermal stress level, In: AREZES *et al.* (eds), **Occupational safety and Hygiene**. London: Taylor and Francis Group, pp. 217-221, 2013.

MORAES, M.F. **Algumas considerações sobre a história dos hospitais privados no Rio de Janeiro: o Caso Clínica São Vicente**. 89f. Dissertação (Mestrado em História das Ciências da Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.

MORRISON, W.E. *et al.* Noise, stress, and annoyance in a pediatric intensive care unit. **Critical Care Medicine**, v. 31, n. 1, 2003.

MOSTAFA, G. *et al.* The hazard of scattered radiation in a trauma intensive care unit. **Critical Care Medicine**, v. 30, n. 3, pp. 574-6, 2002.

MURPHY, K. The Bayes Net Toolbox for Matlab. **Computing Science and Statistics**, v. 33, pp. 1-20, 2001.

NANNAPANENI, S.K. *et al.* Sleep fragmentation and deprivation in critically ill patients - Is noise a factor? **Sleep Medicine**, v.14, pp.165-238, 2013.

NIELSEN. B.Y.B. *et al.* Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. **Journal of Physiology**, v. 460, pp. 467–485, 1993.

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health. **Recommended exposure limits**, Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.

NORDSTRÖM, K. *et al.* Effect of air humidification on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: a four month longitudinal study. **Occupational and Environmental Medicine**, v.51, pp.683-688, 1994.

NORSYS SOFTWARE CORPORATION. **Netica Application Software**, 2015. Disponível em: <<https://www.norsys.com/index.html>>

O'CONNELL, N. H.; HUMPHREYS, H. Intensive care unit design and environmental factors in the acquisition of infection. **The Journal of hospital infection**, v. 45, n. 4, pp. 255-62, 2000.

OKAMOTO, J. **Percepção ambiental e comportamento: visão holística na arquitetura e na comunicação**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2014.

OLIVEIRA, B.R.G.; MUROFUSE, N.T. Acidentes de trabalho e doença ocupacional: estudo sobre o conhecimento do trabalhador hospitalar dos riscos à saúde de seu trabalho. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v. 9, pp. 109-115, 2001.

OLIVEIRA, C.R.D.; ARENAS, G.W.N. Occupational exposure to noise pollution in anesthesiology. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 62, n. 2, pp. 253-261, 2012.

ÖREBRO UNIVERSITY HOSPITAL. **MM 040 NA Hospital - indoor climate in Hospital / Health Care Establishment**. Department of Occupational Medicine Örebro, Sweden, 2007, Version 9804. Disponível: <www.orebroll.se/amm> Acesso em: março/2015.

OSHA, Occupational Safety and Health Administration. **Permissible exposure limits**. Washington - DC: Occupational Safety and Health Administration. 2005.

PARSONS, K. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. **Applied Ergonomics**, v. 31, n. 6, pp. 581-594, 2000.

PASCAL, M. *et al.* Short-term impacts of particulate matter (PM₁₀, PM_{10-2,5}, PM_{2,5}) on mortality in nine French cities. **Atmospheric Environment**, v. 95, pp. 175–184, 2014.

PASTORES, S.M. *et al.* Costs of critical care medicine. **Critical Care Clinical**, v.28, pp.1-10, 2012.

PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1988.

PEARL, J.; RUSSEL, S. Bayesian networks. In: **Handbook of Brain Theory and Neural Networks**. Cambridge: MIT Press, pp. 157-160, 2001.

PELLERIN, N.; CANDAS, V. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. **Physiology & Behavior**, v.78, pp. 99-106, 2003.

PIRANI, M. *et al.* Analysing the health effects of simultaneous exposure to physical and chemical properties of airborne particles. **Environment International**, v. 79, pp. 56-64, 2015.

POALILLO, F.E. *et al.* Critical Care in the United States of America. **Critical Care Clinics**, v.22, pp. 447-455, 2006.

POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. **Air & Waste Management Association**, v. 56, n.6, pp.709-742, june, 2006.

PORTO, M.F.S. Análise de riscos nos locais de trabalho: conhecer para transformar, In: **Cadernos de Saúde do Trabalhador**. São Paulo: Instituto Nacional de Saúde do Trabalhador (INST), 2000.

POURRET, O.; NAIM, P.; MARCOT, B. **Bayesian Networks**: a practical guide to applications. London: Wiley, 2008.

POURSHAGHAGHY, A.; OMIDVARI, M. Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model. **Applied Ergonomics**, v. 43, n. 6, pp. 1089-95, 2012.

PRESTO, B.; DAMÁZIO, L. **Fisioterapia na UTI**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

PUGA, J.L. Cómo Construir y Validar Redes Bayesianas con Netica. **Revista Electrónica de Metodología Aplicada**, v.17 n.1, pp. 1-17, 2012.

PUNCHER, M. *et al.* A Bayesian Analysis of Uncertainties on Lung Doses Resulting From Occupational Exposures to Uranium. **Radiation protection dosimetry**, v.156, n.2, pp.131-140, 2013.

PURI, N. *et al.* History of technology in the intensive care unit. **Critical Care Clinics**, v. 25, n. 1, pp. 185-200, 2009.

QUADROS, M,E, *et al.* Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais, **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, pp.431-438, 2009,

RAAFAT, H.; SADHRA, S.S. Risk characterization. In: SADHRA, S.S.; RAMPAL, K.G. **Occupational Health**: risk assessment and management. 4th ed. Oxford (UK): Blackwell Science Ltd, pp. 177-93, 1999.

RAFF, H.; LEVITZKY, M. **Fisiologia médica**: uma abordagem integrada. São Paulo: Artmed, 2012.

RAMALHO, O. *et al.* Association of carbon dioxide with indoor air pollutants and exceedance of health guideline values. **Building and Environment**, 2015. *In press*.

RAMOS, T. *et al.* Spatial and Temporal Variations in Indoor Environmental Conditions, Human Occupancy, and Operational Characteristics in a New Hospital Building. **Plos ONE**, v. 10, n. 3, pp. 1-24, 2015.

RAO, S.K.M. Designing Hospital for better Infection Control: an Experience. **Medical Journal Armed Forces India**, v. 60, pp. 63-66, 2004.

REN, J. *et al.* A methodology to model causal relationships on offshore safety assessment focusing on human and organizational factors. **Journal of Safety Research**, v.39, n.1, pp.87-100, 2008.

RIBEIRO, R.P. *et al.* Prevalência da Síndrome Metabólica entre trabalhadores de Enfermagem e associação com estresse ocupacional, ansiedade e depressão. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.23, n.3, pp.435-40, 2015.

RISTAGNO, G.; WEIL, M.H. History of critical care medicine: the past, the present and the future. In: GULO, A. *et al.* **Intensive and critical care medicine**. Verlag (Italy): Springer, 2009.

ROCHA, R.C. **Trabalho e risco biológico em uma unidade de terapia intensiva: a prática cotidiana dos fisioterapeutas**. 115f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

RODRIGUES, C.L.P. Conceitos básicos sobre segurança no trabalho. In: MATTOS, U.A.O.; MÁSCULO, F.S. (org). **Higiene e segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2011.

ROMANI, TK.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Avaliar a iluminação artificial nos centros cirúrgicos em Cuiabá: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.9, n. 9, pp. 2037-2048, 2013.

ROOS, C. *et al.* Modelo de kano para a identificação de atributos capazes de superar as expectativas do cliente. **Revista Produção on-line**, v. 9, n.3, pp.536-550, 2009.

ROSENGART, M.R. Critical care medicine: landmarks and legends. **The Surgical clinics of North America**, v. 86, n. 6, pp. 1305-21, 2006.

RYHERD, E.E. *et al.* Noise Pollution in Hospitals: Impacts on Staff. **The Journal of Clinical Outcomes Management (JCOM)**, v. 19, n. 11, pp. 491–500, 2012.

SADEK, A.H.; NOFAL, E, M, Effects of Indoor Environmental Quality on Occupant Satisfaction in Healing Environments. **Building Simulaion Cairo** - Towards Sustainable & Green Life, Junho, 2013.

SALANDIN, A. *et al.* Noise in an intensive care unit. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, n. 6, pp. 3754–60, 2011.

SALONEN, H. *et al.* Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: a review. **Intelligent Buildings International**, v. 5, n. 1, pp. 26-50, 2013.

SAMPAIO NETO, R. *et al.* Ruídos na unidade de terapia intensiva: quantificação e percepção dos profissionais de saúde. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 22, n. 4, pp. 369-374, 2010.

SAMPAIO, E.; VELOZO, E. **Fisiologia do esforço**. Ponta Grossa: UEPB, 2001.

SAMUELSON, K.A.M. Unpleasant and pleasant memories of intensive care in adult mechanically ventilated patients--findings from 250 interviews. **Intensive & Critical Care Nursing**, v. 27, n. 2, pp. 76-84, 2011.

SANTOS, D.M.L. **Encontros e desencontros da iluminação natural: um estudo em espaços de internação hospitalar**. 164f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

SCUTARI, M.; DENIS, J.-B. Bayesian Networks: with examples in R. CRC Press: London, 2015.

SEIFFERT, M.E.B. A empresa e o meio ambiente (Capítulo 1). In: **ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 4ªed. São Paulo: Atlas, 2011.

SEMPLE, S. *et al.* Using a new, low-cost air quality sensor to quantify second-hand smoke (SHS) levels in homes. **Tobacco control**, v.24, n.2, pp.153-8, 2013.

SESSLER, C.N. Evolution of ICU design. **CHEST** (Editorial), v. 145, pp. 205-206, 2014.

SHIN, Y.-B. *et al.* The effect on emotions and brain activity by the direct/indirect lighting in the residential environment. **Neuroscience Letters**, v.584, pp.28-32, 2014.

SHORT, A.E. *et al.* Noise levels in an Australian emergency department. **Australasian Emergency Nursing Journal**, v. 14, n. 1, pp. 26-31, 2011.

SILVEIRA, I.C. Noções de anatomia e fisiologia respiratória. In: **O pulmão na prática médica: sintomas, diagnóstico e tratamento**. 4ªed. Rio de Janeiro: EPUB, 2005.

SOUSA, F.W. *et al.* Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. **Building and Environment**, v. 46, n. 11, pp. 2115-2120, 2011.

SOUSA, V.X. **Níveis de pressão sonora em uma unidade de terapia intensiva geral e pública**. 89f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade o Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2012.

STANSFELD, S.A.; SHIPLEY, M, Noise sensitivity and future risk of illness and mortality. **Science of the Total Environment**, v. 520, pp. 114-119, 2015.

STEINLE, S, *et al.* Personal exposure monitoring of PM_{2,5} in indoor and outdoor microenvironments, **Science of The Total Environment**, v. 508, pp. 383-394, mar, 2015,

STEPHEN, N.P.; KANDAR, M.Z. Appraisal of indoor environmental quality (IEQ) in healthcare facilities: a literature review. **Sustainable Cities and Society**, v. 17, pp. 61-68, 2015.

STICH, T. **Bayesian networks and structure learning**. Thesis (Computer Science and Engineering) - University of Mannheim, 2004.

STRICKLAND, M. *et al.* Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.182, pp. 307-316, 2010.

STUCKE, S. *et al.* Ergonomic Assessment of a Critical Care Unit. **Critical Care Nursing Clinics of North America**, v.19, n.2, pp.155-165, 2007.

SULLIVAN, J. *et al.* A community study of the effect of particulate matter on blood measures of inflammation and thrombosis in an elderly population. **Environmental Health**, v. 6, n.3, 2007.

TAKALA, J. History of Intensive Care Medicine, In: EGER II, E. *et al.* **The wondrous story of anesthesia**. New York: Springer, pp.785-798, 2014.

TANABE, S. *et al.* Workplace productivity and individual thermal satisfaction. **Building and Environment**, v.91, pp. 42-50, 2015.

TANG, C.-S. *et al.* Impact of patient visiting activities on indoor climate in a medical intensive care unit: a 1-year longitudinal study. **American Journal of Infection Control**, v. 37, n. 3, pp.183-8, 2009.

TANG, D. *et al.* Health benefits of improving air quality in Taiyuan, China. **Environment International**, v. 73C, pp. 235-242, Ago, 2014.

THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, Versão 3.2.1, 2015. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>

THOMPSON, D.R. *et al.* Guidelines for intensive care unit design. **Critical Care medicine**, v. 40, n. 5, pp. 1586-600, 2012.

TIÉ, F.D. Redes bayesianas y riesgo operacional. **Revista Galega de Economía**, v. 16, número extraordinário, pp.1-16, 2007.

TIGHE, M. *et al.* Bayesian Networks as a screening tool for exposure assessment. **Journal of Environmental Management**, v.123, pp.68-76, 2013.

TOMEI, G. *et al.* Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: A meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 4, pp. 681-689, 2010.

TORRES, R.R. Rapid Sound-Quality Assessment of Background Noise. In: STANTON, N. *et al.* (Eds), **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods**. London: CRC Press, p,701-705, 2004.

TSIOU, C. *et al.* Noise sources and levels in the Evgenidion Hospital intensive care unit. **Intensive Care Medicine**, v.24, n.8, pp. 845-847, 1998.

TZIAFERI, S.G. *et al.* Perception of Occupational Hazards among Greek Hospital Workers: a Cross Sectional Study. **International Journal of Health Research and Innovation**. v.1, n.1, pp.1-13, 2013.

TZIAFERI, S.G. *et al.* Risk Assessment of Physical Hazards in Greek Hospitals Combining Staff's Perception, Experts' Evaluation and Objective Measurements. **Safety and Health at Work**, v. 2, n. 3, pp. 260-72, 2011.

ULRICH, R. *et al.* The Role of the Physical Environment in the Hospital of the 21st Century: A Once-in-a-Lifetime Opportunity. **Environment**, v. 439, pp. 69, September, 2004.

UNITED STATE OF AMERICA (USA). “**Particulate Matter | Air & Radiation | US EPA**”. US Environmental Protection Agency, 6 July 2011.

URBAŃSKI, M. *et al.* The burnout syndrome occurrence among the students of the medical university of silesia in katowice, Poland. **European Psychiatry**, Abstracts of the 21th European Congress of Psychiatry, v.28, Supplement 1, 2013.

VALDÉS, R.M.A. *et al.* The and landing undershoot applicable to the design and construction of runway safety areas. **Safety Science**, v.49, n.5, pp. 633-650, 2011.

VAN BOMMEL, W.J.M. Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. **Applied ergonomics**, v. 37, n. 4, pp. 461-6, jul. 2006.

VAN BOMMEL, W.J.M. Visual, biological and emotional aspects of lighting: Recent new findings and their meaning for lighting practice. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 2, n. 1, pp. 7-11, 2005.

VAN BOMMEL, W.J.M.; VAN DEN BELD, G. Lighting for work: a review of visual and biological effects. **Lighting Research and Technology**, v. 36, n. 4, pp. 255-269, 2004.

VAN GAEVER, R. *et al.* Thermal comfort of the surgical staff in the operating room. **Building and Environment**, v. 81, pp. 37–41, nov. 2014.

VERCELES, A.C. *et al.* Ambient light levels and critical care outcomes. **Journal of Critical Care**, v. 28, n. 1, pp. 110-8, 2013.

VERDE, S.C. *et al.* Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. **Research in microbiology**, April, pp. 1-7, 2015.

VERGARA, L.G.L. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva do hospital universitário de Florianópolis**. 222f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

VIEIRA, C.; BAPTISTA, J. Bioaerosols expositure in hospital context, In: AZERES, P, *et al.* (Eds). **Occupational Safety & Hygiene**. London: CRC press, p, 401-404, 2013.

VIENNEAU, D. *et al.* Years of life lost and morbidity cases attributable to transportation noise and air pollution: A comparative health risk assessment for Switzerland in 2010. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, pp. 1-8, 2015. *In press*.

VINCENT, J. *et al.* Critical care in Europe. **International perspectives on critical care**, v. 13, n. 2, pp. 245-254, 1997,

WALDEN, M. *et al.* Comfort Care for Care Unit at End. **Newborn and Infant Nursing Reviews**, v. 1, n. 2, pp. 97-105, 2001.

WAN, G.-H. *et al.* Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. **American Journal of Infection Control**, v.39, n.4, pp.302-8, 2011.

WANG, Y.F. *et al.* Accident analysis model based on Bayesian Network and Evidential Reasoning approach. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v.26, pp.10-21, 2013,

WANG, Y.F. *et al.* Investigations of Human and Organizational Factors in hazardous vapor accidents. **Journal of Hazardous Materials**, v.191, n.1-3, pp. 69-82, 2011.

WANG, Z. *et al.* Cross-subject workload classification with a hierarchical Bayes model. **NeuroImage**, v.49, n.1, pp. 64-69, 2012.

WEBB, A.R. Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, pp. 721-727, 2006.

WEBER, P. *et al.* Overview on Bayesian networks applications for dependability, risk analysis and maintenance areas. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v.25, n.4, pp. 671-682, 2012.

WEIL, M.H.; TANG, W. From intensive care to critical care medicine: A historical perspective. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.183, pp.1451-1453, 2011.

WEISS, B.; LATIES, V.G. Behavioral Thermoregulation Behavior is a remarkably sensitive mechanism, **Science**, v. 133, n. 3461, pp. 1338-1344, 1961.

WHO, World Health Organization. EZZATI, M.; LOPEZ, A.D.; RODGERS, A.; MURRAY, C.J.L. **Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors**, 2004. Disponível em: <<http://www.who.int/publications/cra/en/>> Acesso em: 24/03/2015.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for Community Noise**, 1999.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould**, 2009.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for Indoor Air Quality: selected pollutants**, 2010.

WHO, World Health Organization. **Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia**, 2013.

WHO, World Health Organization. **Public health and environment**, 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/gho/phe/en/>> Acesso em: 20/05/2015.

WOLKOFF, P. *et al.* Organic compounds in office environments – sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. **Indoor Air**, v.16, pp.7–19, 2006.

WONG, L, T. *et al.* Bayesian thermal comfort model. **Building and Environment**, v. 84, pp. 171-179, 2014.

WOWK, B. Health care in the 2050. In: CRIPPEN. D.W. **ICU Resource allocation in the new millennium**, p, 323-333, New York: Springer, 2013.

XIE, H. *et al.* Clinical review: The impact of noise on patients' sleep and the effectiveness of noise reduction strategies in intensive care units. **Critical care** (London. England), v. 13, n. 2, pp. 208, 2009.

XIE, H.; KANG, J. Sound field of typical single-bed hospital wards. **Applied Acoustics**, v. 73, n. 9, pp. 884-892, 2012.

- XING, L. *et al.* A comparison of Bayesian hierarchical modeling with group-based exposure assessment in occupational epidemiology. **Statistics in Medicine**, n.32, n.21, pp. 3686-99, 2013.
- YANG, Y. *et al.* A study of adaptive thermal comfort in a well-controlled climate chamber. **Applied Thermal Engineering**, v. 76, pp. 283-291, 2015.
- YAO, R. *et al.* A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **Building and Environment**, v. 44, n. 10, pp. 2089-2096, 2009.
- YAU, Y.H. *et al.* The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: A review, **Building and Environment**, v. 46, n. 5, pp. 1125-1132, 2011.
- YONGSON, O. *et al.* Airflow analysis in an air conditioning room. **Building and Environment**, v. 42, n. 3, pp. 1531–1537, mar. 2007.
- YOSHIDA, K. *et al.* Limited damage of tissue mimic caused by a collapsing bubble under low-frequency ultrasound exposure. **Ultrasonics**, v.54, n.6, pp.1603–1609, 2014.
- YOSHIYA, I.; BAIK, S.W. Critical Care in Japan and Korea. **Critical Care Clinics**, v. 13, n. 2, pp. 267-285, 1997.
- ZHAO, B.; WU, J. Particle deposition in indoor environments: Analysis of influencing factors. **Journal of Hazardous Materials**, v.147, pp.439-448, 2007.
- ZHAO, B.; WU, J. Effect of particle spatial distribution on particle deposition in ventilation rooms. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 1, pp. 449-56, 2009.
- ZHAO, L. *et al.* Analysis of factors that influence hazardous material transportation accidents based on Bayesian networks: A case study in China. **Safety Science**, v.50, n.4, pp.1049-1055, 2012.
- ZHOU, X. *et al.* A model for predicting thermal sensation of Chinese people. **Building and Environment**, v. 82, pp. 237-246, 2014.
- ZHU-WU, Z. *et al.* Research on the Occupational Hazards Risk Assessment in Coal Mine Based on the Hazard Theory. **Procedia Engineering**, v. 26, pp. 2157-2164, 2011.

APÊNDICE 01 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre “**Risco ocupacional relacionado ao conforto ambiental em Unidade de Terapia Intensiva**” e está sendo desenvolvida pela pesquisadora **Elamara Marama de Araujo Vieira**, aluna do curso de pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Profº Dr, Luiz Bueno da Silva.

Essa pesquisa tem como objetivos avaliar de que maneira as variáveis ambientais da Unidade da Terapia Intensiva pode trazer riscos ao profissional e afetar sua saúde e bem-estar.

A finalidade deste trabalho é contribuir para a melhoria das condições laborais do profissional que trabalha em Unidade de Terapia Intensiva, tendo em vista ofertar um ambiente com o mínimo risco à saúde e que potencialize a execução das atividades.

Solicitamos a sua colaboração para responder aos questionários relativos a sua percepção e satisfação com as condições ambientais do setor, assim como suas condições de saúde e bem-estar. Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados no meio científico manterá toda a confidencialidade.

Informamos que no presente estudo não há riscos previsíveis, e que sua participação é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pela pesquisadora. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano.

Caso aceite participar do estudo o senhor (a) deverá formalizar seu consentimento através da assinatura em todas as páginas deste termo. O senhor (a) ficará com uma cópia deste termo e eventuais dúvidas que possam surgir a respeito desta pesquisa poderão ser perguntadas diretamente ao pesquisador responsável ou nos endereços abaixo. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

CONSENTIMENTO LIVRE:

Eu, _____ declaro estar ciente e informado(a) sobre os procedimentos de realização da pesquisa, conforme explicados acima, e aceito participar voluntariamente da mesma.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador



João Pessoa, ____/____/____

Contato da Pesquisadora Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o (a) pesquisadora Elamara Marama de Araujo Vieira, residente a rua Tertuliano Castro, nº 881, Ed, Mont Blanc, apto 302, Bessa, João Pessoa – PB, CEP: 58,035-170.

Telefone: (83) 99555088

E-mail: elamaravieira@gmail.com

Ou

Contato do Comitê de Ética:

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Localizado no Centro de Ciências da Saúde (CCS) - 1º andar, Campus I, Cidade Universitária, CEP: 58,051-900.

Telefone: (83) 3216 7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Atenciosamente

APÊNDICE 02 - QUESTIONÁRIO DE CONDIÇÕES DE SAÚDE E BEM-ESTAR

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

Profissão: ☐ Médico ☐ Enfermeiro ☐ Fisioterapeuta ☐ Técnico de enfermagem

☐ outros _____

Idade: _____ Altura: _____ Peso: _____

Sexo: ☐ Feminino ☐ Masculino

1) Qual sua carga horária de trabalho semanal:

☐ Até 20 hrs

☐ Até 30 hrs

☐ De 30 a 45 hrs

☐ De 45 a 60hrs

☐ Mais que 60 hrs

2) Você trabalha em mais de uma UTI? ☐ Sim ☐ Não

Quais: _____

3) Em que turnos você trabalha?

☐ Apenas pela manhã

☐ Apenas pela tarde

☐ Apenas pela manhã e tarde

☐ Manhã, tarde e noite

☐ Apenas pela noite

4) Quantos anos de trabalho em UTIs: _____

5) Durante os últimos três meses, você teve algum dos seguintes sintomas?(Responda a todas as perguntas, mesmo que você não tenha tido quaisquer sintomas!) (MM40)

	Marque nesta coluna se você sente o sintoma	Marque nessa coluna se você acha que o sintoma é relacionado ao seu ambiente de trabalho
Aborrecimento	☐	☐
Acúfeno	☐	☐
Alterações de humor	☐	☐
Alterações de memória	☐	☐
Ansiedade	☐	☐
Ardência nos olhos	☐	☐
Cefaleia	☐	☐
Congestão nasal	☐	☐
Depressão	☐	☐
Desmotivação	☐	☐
Dificuldade de concentração	☐	☐
Dor de garganta	☐	☐
Dores musculares	☐	☐
Espirros	☐	☐
Estresse	☐	☐
Fadiga física	☐	☐
Fadiga visual	☐	☐
Faringite	☐	☐

Garganta seca	☐	☐
Hipertensão	☐	☐
Insônia	☐	☐
Irritabilidade	☐	☐
Irritação na pele	☐	☐
Lacrimejamento	☐	☐
Letargia	☐	☐
Nervosismo	☐	☐
Palpitação	☐	☐
Perda de apetite	☐	☐
Perda de audição	☐	☐
Raiva	☐	☐
Rinite	☐	☐
Secura na pele	☐	☐
Taquicardia	☐	☐
Tensão muscular	☐	☐
Tontura	☐	☐
Tosse	☐	☐
Vermelhidão nos olhos	☐	☐
Irritação nas mucosas	☐	☐

6) Você foi ao médico nos últimos 3 meses em decorrência dos sintomas suprareferidos?

☐ Sim ☐ Não

7) Você usou medicamento nos últimos 3 meses em decorrência dos sintomas suprareferidos? ☐ Sim ☐ Não

8) Se sim: quais?

_____ (_____ mg)	_____ (_____ mg)
_____ (_____ mg)	_____ (_____ mg)
_____ (_____ mg)	_____ (_____ mg)
_____ (_____ mg)	_____ (_____ mg)

9) Etilista? ☐ Sim ☐ Não

10) Tabagista? ☐ Sim ☐ Não

11) Prática exercícios físicos regularmente? ☐ Sim ☐ Não

12) Distúrbios patológicos pré-existent? ☐ Não ☐ Sim

☐ diabetes

☐ distúrbio cardíaco congênito

☐ asma

☐ depressão diagnosticada

☐ bronquite

☐ distúrbio pulmonar congênito

☐ hipertensão diagnosticada

☐ outros _____

13. Qual sua opinião sobre seu local de trabalho em relação aos itens a seguir (MM40):

Bom

Aceitável

Ruim

☐

☐

☐

APÊNDICE 03 - DIÁRIO DE CAMPO

(Obs.: a ser preenchido pelo investigador com ajuda do coordenador do setor)

UTI: _____

Data: ____/____/____

Tipo: ☐ II ☐ III (Portaria 3432/98)

Classificação por especialidade: ☐ Queimados ☐ Cardiológica ☐ Cirúrgica ☐ Clínica

☐ Outro _____

Quantidade de leitos: _____ Ocupação: _____

Quantidade de profissionais: _____

Esquema de cores da UTI:

Cor predominante: _____

Cor do piso: _____

Cor do _____

Cor das janelas e portas: _____

Parede com cor isolada? ☐ Não ☐ Sim, qual cor? _____

Tipo de iluminação:

☐ Predominantemente artificial

☐ Apenas natural

☐ Apenas artificial

☐ Natural e artificial

☐ Predominantemente natural

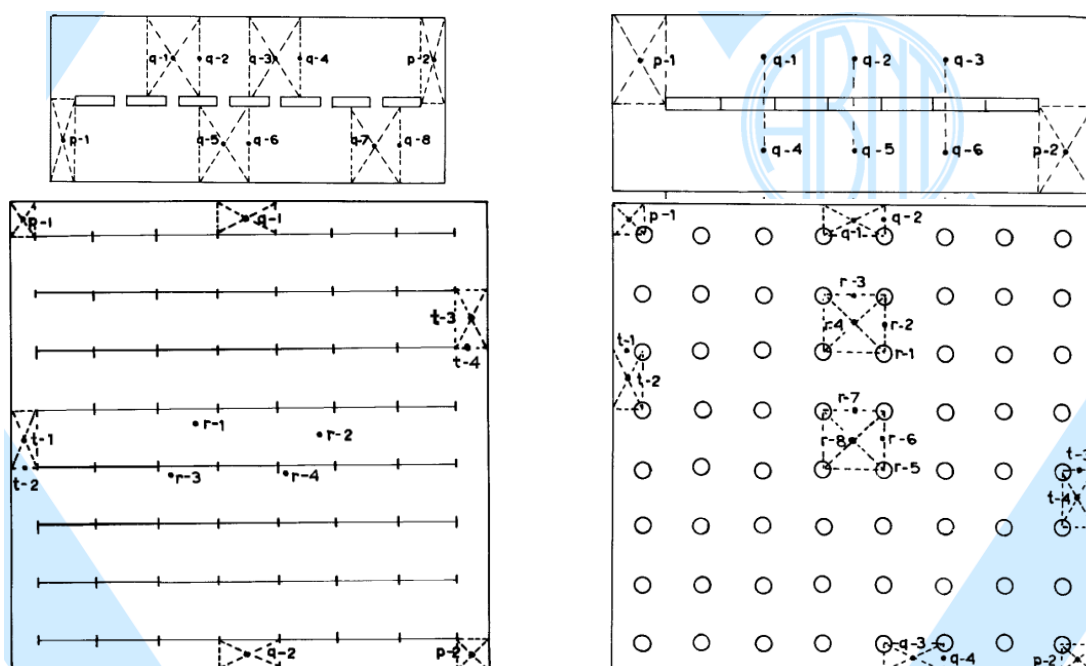
Janelas voltadas para o ...?

☐ nascente ☐ poente ☐ NA

Luminárias:

Tipo de lâmpada: _____

Conformação:



Sistema de ar condicionado:

☐ Central ☐ Split ☐ Ambos

Aparato tecnológico (em funcionamento):

Ventiladores mecânicos: _____ Monitores: _____ Bombas de infusão: _____

Computadores: _____

Outros: _____

Controle dos químicos de desinfecção: ☐ Sim ☐ Não Responsável: _____

Dosagens: _____

Vazamento de tubulações: ☐ Não ☐ Sim, quais? ☐ O2 ☐ AR ☐ (ambos)

Local: _____

ANEXO 01 - RESISTÊNCIA DAS VESTIMENTAS E TAXAS METABÓLICAS
(COUTINHO, 2005)

Identificação: _____

Data: ____/____/____ Turno: _____

UTI: _____

ROUPA INTIMA		CAMISAS		CALÇAS	
Calcinha		Mangas curtas		Short	
Calcinha tamanho meia perna		Blusa leve, mangas compridas		Bermuda	
Meia calça		Camisa leve, mangas compridas		Calça leve	
Cueca curta		Normal, mangas compridas		Calça normal	
Cueca tamanho médio		Camisa de flanela, mangas compridas		Calça de flanela	
Sutiã					
Camisa sem manga		Blusa com gola fechada, mangas compridas			
Camisa com manga curta					
Camisa com manga comprida					

Taxa metabólica basal (W/M ²)	
Homem	44 ☐
Mulher	41 ☐

Taxa metabólica em função do tipo de trabalho (W/M ²)	
Sentado	☐
Ajoelhado	☐
Agachado	☐
Em pé	☐
Em pé inclinado	☐

Taxa metabólica em função do tipo de trabalho (W/M ²)	
Trabalho com as mãos	
Leve	☐
Moderado	☐
Pesado	☐
Trabalho com um braço	
Leve	☐
Moderado	☐
Pesado	☐
Trabalho com os dois braços	
Leve	☐
Moderado	☐
Pesado	☐
Trabalho com o tronco	
Leve	☐
Moderado	☐
Pesado	☐
Muito pesado	☐

Taxa metabólica em função do movimento (W/M ²)	
Velocidade de trabalho relacionada à distância	
Andando, 2 a 5 km/h	
Andando em subida, 2 a 5 km/h	
Inclinação de 5° ☐	
Inclinação de 10° ☐	
Andando em descida, a 5km/h	
Inclinação de 5° ☐	
Inclinação de 10° ☐	
Andando carregando peso, a 4 km/h	
10kg ☐	
30kg ☐	
50kg ☐	
Velocidade de trabalho relacionada à altura	
Subindo escada	
Descendo escada	
Subindo escada inclinada	
Sem carga ☐	
Com carga de 10 kg ☐	
Com carga de 50 kg ☐	
Subindo escada de mão vertical	
Sem carga ☐	
Com carga de 10 kg ☐	
Com carga de 50 kg ☐	

ANEXO 02 - QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DO AR
(CORNELL UNIVERSITY, 2011) (ADAPTADO)

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

1. Marque o apropriado para as seguintes condições presentes em seu local de trabalho:

☐ Odores presente ☐ A poeira excessiva ☐ A umidade excessiva ☐ crescimento de fungos

2. Você está tendo problemas de saúde os quais considera ser causados pela qualidade do ar no setor onde trabalha?

☐ Não ☐ Sim

3. Quando os sintomas começam?

☐ Início do turno

☐ É irregular

☐ Durante o turno

☐ Ao executar uma determinada atividade

☐ Final do turno

☐ Não sabe

☐ outros _____

4. Quando eles pioram?

☐ Início do turno

☐ É irregular

☐ Durante o turno

☐ Ao executar uma determinada atividade

☐ Final do turno

☐ Não sabe

☐ outros _____

5. Os seus sintomas diminuem ou desaparecem quando você sai do trabalho?

☐ Sim ☐ Não

6. Há outras pessoas em seu setor de trabalho tendo problemas semelhantes?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

7. Caso a qualidade do ar esteja ruim, qual você acha que é a causa mais provável?

☐ Sistema de condicionamento de ar

☐ Layout do setor

☐ Entrada e saída de pessoas

☐ Não sei

☐ Atividades próprias do setor

☐ outros _____

8. O que você acha sobre a qualidade do ar no local de trabalho (MM40)?

Bom

Aceitável

Ruim

☐

☐

☐

ANEXO 03 - QUESTIONÁRIO KANO
(FEKRY *et al.*, 2014)

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

Como você se sente quando seu ambiente de trabalho está com uma temperatura baixa?	Q1 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho está com uma temperatura alta?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho está muito úmido?	Q2 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho está com pouca umidade?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Como você sente-se quando seu local de trabalho não tem perceptivelmente partículas aéreas suspensas?	Q3 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho tem grande quantidade de partículas aéreas suspensas?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho apresenta pouca iluminação?	Q4 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho está muito iluminado?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho não apresenta pouca quantidade de ruídos?	Q5 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho apresenta grande quantidade de ruídos?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho não tem incidência de luz natural?	Q6 RESPOSTA	Como você sente-se quando seu ambiente de trabalho tem incidência de luz natural?				
		1. Eu gosto que seja assim	2. Eu espero que seja assim	3. Eu fico neutro	4. Eu posso aceitar que seja assim	5. Eu não gosto que seja assim
	1. Eu gosto que seja assim	Q	A	A	A	U
	2. Eu espero que seja assim	R	N	N	N	O
	3. Eu fico neutro	R	N	N	N	O
	4. Eu posso aceitar que seja assim	R	N	N	N	O
	5. Eu não gosto que seja assim	R	R	R	R	Q

Legenda: Q = Questionável; A = Atrativo; R = Reverso; N = Neutro; O = Obrigatório; U = Unidirecional

ANEXO 04 – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO

MM 040 NA Hospital - Indoor climate in Hospital / Health Care Establishment
(ÖREBRO UNIVERSITY HOSPITAL, 2007)

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

1. O que você acha sobre a situação do ruído no local de trabalho (MM40)?

Bom

Aceitável

Ruim

☐☐☐

2. Quais os problemas que estão presentes em seu local do trabalho acerca do ruído:

☐ O ruído emitido do sistema de ventilação é incomodo

☐ O ruído emitido por fontes externas ao local é incomodo

☐ O ruído emitido a partir de equipamentos é incomodo

☐ O ruído emitido não me incomoda

ANEXO 05 - QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO AMBIENTE LUMINOSO
(DIANAT *et al.*, 2013) (ADAPTADO)

Entende-se por Perturbação Luminosa os efeitos visuais causados pela iluminação do ambiente, por exemplo, luzes piscando, brilho, ofuscamento e sombras indesejadas.

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

Domínio: Percepção do nível de luz

1. Como é o nível de luz em seu local de trabalho?

☐ Baixo ☐ Moderado ☐ Alto

Domínio: Satisfação com iluminação

2. Quão satisfeito você está como nível de luz em seu local de trabalho?

☐ Baixo ☐ Moderado ☐ Alto

Domínio: Efeitos sobre o desempenho do trabalho

3. Quanto o baixo nível de luz em seu local de trabalho afeta o seu desempenho?

☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Muito

Domínio: Efeitos na saúde

4. Quanto o baixo nível de luz em seu local de trabalho pode causar cansaço visual?

☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Muito

5. Quanto você precisa mudar a sua postura para melhor visualização dos objetos ou itens de trabalho devido a baixos níveis de luz?

☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Muito

ANEXO 06 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS
ISO 10551:2011 (ADAPTADO)

Identificação: _____

Data: ____/____/____

UTI: _____

1) “Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento”?

	Hora: _____
Muito calor	☐
Com calor	☐
Levemente com calor	☐
Neutro	☐
Levemente com frio	☐
Com frio	☐
Muito frio	☐

2) “De que maneira você se encontra neste momento?”

	Hora: _____
Confortável	☐
Levemente desconfortável	☐
Inconfortável	☐
Muito desconfortável	☐

3) “Como você gostaria de estar se sentindo agora”?

	Hora: _____
Mais aquecido	☐
Um pouco mais aquecido	☐
Como está	☐
Um pouco mais refrescado	☐
Mais refrescado	☐