



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E TECNOLOGIA NO**  
**ESPAÇO HOSPITALAR (PPGSTEH)**

**MESTRADO PROFISSIONAL**

**PROJETO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA**  
**COM ADERÊNCIA AO MESTRADO PROFISSIONAL DE:**  
**GIANVICO BONANTE**

**PROJETO DE PESQUISA**

**BUSCANDO SOLUÇÕES PARA A FADIGA DE ALARMES:**  
**CONTRIBUIÇÕES DA ENFERMAGEM PARA O REFINAMENTO DA**  
**SEGURANÇA DOS SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO**  
**MULTIPARÂMETROS EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA**

**ORIENTADOR: DR. CARLOS ROBERTO LYRA DA SILVA**

**RIO DE JANEIRO/RJ**

**2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E TECNOLOGIA  
NO ESPAÇO HOSPITALAR (PPGSTEH)**

**PROJETO DE PESQUISA**

**BUSCANDO SOLUÇÕES PARA A FADIGA DE ALARMES:  
CONTRIBUIÇÕES DA ENFERMAGEM PARA O REFINAMENTO DA  
SEGURANÇA DOS SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO  
MULTIPARÂMETROS EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA**

**ORIENTADOR: DR. CARLOS ROBRTO LYRA DA SILVA**

**RELATORIO DA PESQUISA do Mestrado Profissional em Saúde e  
Tecnologia no Espaço Hospitalar, tema:**

**Soluções para a Fadiga de Alarmes em Unidades de Terapia Intensiva.  
Algoritmo de Gestão de Alarmes**

Mestrado profissional regulado pela Capes por meio da Portaria Normativa nº 7,  
publicada no Diário Oficial da União (23/06/2009) e credenciado pelo Conselho  
Nacional de Educação (CNE).

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**RELATORIO DA PESQUISA**  
**SOLUÇÕES PARA FADIGA DE ALARMES EM UTIs**  
**ALGORITMO DE GESTÃO DE ALARMES**

*Gianvico Bonante*  
*UNIRIO – Universidade Federal do Estado do Rio e Janeiro*

**RESUMO**

**Objetivo:** Propor um Algoritmo de Gestão de alarmes de monitores multiparametricos em UTIs, usando Logica Fuzzy e o programa MATLAB, que objetiva a redução da Fadiga de Alarmes em UTI, pela seleção inteligente das prioridades no atendimento aos alarmes. A gestão inteligente dos alarmes visa evitar o problema da Fadiga de Alarmes, que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes em UTI. **Método:** quanti-qualitativa, com pesquisa observacional descritiva. **Resultados:** O estudo mostra que a modelagem pela Logica Fuzzy consegue emular o raciocínio humano dos profissionais de saúde da UTI na tomada de decisões de atendimento a pacientes alarmados. **Conclusão:** a Logica Fuzzy poderá ser eficiente na gestão de parâmetros fisiológicos alarmados em UTI, pelo uso de Algoritmos “Smart Alarms” ponderando sobre a prioridade de atendimento ao paciente. **Palavras Chave:** Logica Fuzzy; Smart Alarms; Fadiga de Alarmes.

**ABSTRACT**

**Purpose:** To propose a management algorithm multiparameter monitors alarms in ICUs, using Fuzzy Logic and MATLAB program, which aims to reduce the Alarm Fatigue in ICU, the intelligent selection of priorities in meeting the alarms.. The intelligent alarm management aims to avoid the problem of Fatigue Alarm, which leads to ignore, mute or delay patient care in the ICU. **Method:** quantitative and qualitative, with descriptive observational research **Results:** The study shows that modeling by Fuzzy Logic can emulate the human reasoning of health professionals in the ICU decision-making services to patients alarmed. **Conclusion:** Fuzzy Logic can be efficient in managing alarmed physiological parameters in the ICU, by the use of algorithms "Smart Alarms" pondering the priority of patient care. **Keywords:** Fuzzy Logic; Management Algorithm Alarm; Fatigue Alarm.

**RESUMEN**

**Objetivo:** Proponer un multiparamétrico algoritmo de gestión monitorea las alarmas en las UCI, utilizando el programa MATLAB, que tiene como objetivo reducir la fatiga de alarma en la UCI, pela selección inteligente de las prioridades en el cumplimiento de las alarmas y Lógica Fuzzy. La gestión de alarmas inteligentes pretende evitar el problema de la fatiga de alarma, lo que lleva a ignorar, silenciar o retrasar la atención al paciente en la UCI. **Método:** cuantitativa y cualitativa, con la investigación observacional descriptivo **Resultados:** El estudio muestra que el modelado por la Lógica Fuzzy puede emular el razonamiento humano de profesionales de la salud en los servicios de toma de decisión de la UCI de pacientes alarmados. **Conclusión:** Lógica Fuzzy puede ser eficiente en la gestión de los parámetros fisiológicos alarmados en la UCI, utilizando algoritmos de gestión inteligentes ponderando la prioridad de la atención al paciente. **Palabras clave:** Fuzzy Logic; Alarmas inteligentes; Fatiga Alarma.

## SUMÁRIO

- 1. INTRODUÇÃO (5)**
- 2. PROBLEMATIZAÇÃO (5)**
  - 2.1 Qual é o Alarme Prioritário? (6)
- 3. OBJETIVO (6)**
- 4. JUSTIFICATIVA (7)**
- 5. METODOLOGIA (7)**
  - 5.1 Método (7)
  - 5.2 O Cenário Amostra Estudada (8)
  - 5.3 Amostra Estudada (8)
- 6. EMBASAMENTO TEÓRICO (8)**
- 7. BANCO DE DADOS (9)**
  - 7.1 Planilha de Características dos Alarmes gerados nos leitos da UTI (9)
  - 7.2 Programa para Tratamento Estatístico de Paramentos dos Alarmes (10)
  - 7.3 Tabulação dos Alarmes e seus Limiares (10)
  - 7.4 Conclusões sobre o Banco de Dados (16)
- 8. PESQUISA DE CAMPO (16)**
  - 8.1 Considerações resultantes da Pesquisa de Campo (32)
- 9. LOGICA FUZZY (33)**
  - 9.1 Conceituação da Logica Fuzzy (34)
  - 9.2 Representação Gráfica (34)
  - 9.3 Representação Matemática, Operadores e Fases do Método Fuzzy (36)
  - 9.4 Interpretação dos valores de  $\mu_A(x)$  no intervalo  $[0, 1]$  (36)
  - 9.5 Operadores AND, OR, NOT (E, OU, Complemento) (37)
  - 9.6 Operadores de Inferência ou Implicação if ...then (se ..então) (37)
  - 9.7 Fases do Método FUZZY Mamdani (37)
- 10. ALGORITMO DE GESTÃO DE ALARMES EM UTI (38)**
  - 10.1 Premissas para Modelagem via Logica Fuzzy (39)
  - 10.2 Diagrama em Blocos (40)
  - 10.3 Variáveis Linguísticas de Entrada (40)
  - 10.4 Variável Linguística de Saída (44)
  - 10.5 Critérios para as Regras de Inferência (45)
  - 10.6 Regras de Inferência 1 a 43 – if ... then/se ...então (45)
  - 10.7 Edição das 43 Regras de Inferência – if ... then/se ...então (47)
  - 10.8 Manipulação das 4 Variáveis Linguísticas de Entrada e Saída (49)
  - 10.9 Resultados Preliminares (49)
  - 10.10 Evolução do Algoritmo de Gestão de Alarmes (50)
- 11. CONCLUSÕES (52)**
- 12. TRABALHOS DESENVOLVIDOS PELO MESTRANDO (53)**
- 13. REFERENCIAS (56)**

## 1. INTRODUÇÃO

A Fadiga de Alarmes, é um fenômeno frequentemente observado em Unidades de Terapia Intensiva-UTIs que se caracteriza, pelo retardado no tempo de resposta dos profissionais de saúde aos alarmes, que parece ter relação com a sobrecarga da equipe convivendo com grande quantidade de alarmes por paciente por dia, permitindo que um evento de risco de vida verdadeiro possa se perder por causa da multidão de dispositivos com sinais de alarmes concorrentes, todos tentando chamar a atenção de alguém, sem a devida clareza do por que e do que é suposto fazer. (SANTOS, F et al.)

O fenômeno da fadiga de alarmes, pode acarretar que um evento de risco de vida verdadeiro se perca em uma cacofonia de ruídos de alarmes concorrentes, que, em vão, tentam chamar a atenção de alguém sem a devida clareza do porquê e do que é suposto fazer. Como efeito, os alarmes inconsistentes deixam de alertar ou fornecer informações fidedignas, contribuindo negativamente no retardo do tempo estímulo-resposta do profissional e, conseqüentemente, comprometendo as ações a serem tomadas pela equipe. (SANTOS, F et al.)

A equipe de saúde da UTI devem decidir sobre a importância e prioridade de alarmes, geralmente de Alta Sensibilidade e Baixa Especificidade, que são constantemente acionados. (CVACH, M.M et al)

A quantidade excessiva de alarmes sonoros de monitores multiparametricos gera um stress nos atendentes da UTI, capaz de provocar o fenômeno da Fadiga de Alarmes que leva a ignorar ou silenciar os alarmes e desta forma retardar o atendimento aos pacientes. (GRAHAM, K et al.)

O Algoritmo de Gestão de Alarmes usando Logica Fuzzy e programa MATLAB, proposto, emula o raciocínio dos atendentes da UTI na análise da importância dos parâmetros fisiológicos de monitores multiparametricos e estabelece níveis de prioridades no atendimento a pacientes alarmados, de modo a sinalizar a equipe de saúde uma condição critica que está acontecendo com o doente e que exige providencias urgentes.

## 2. PROBLEMATIZAÇÃO

Os sistemas de monitorização permitiram a medição frequente, contínua e precisa de parâmetros fisiológicas e vitais utilizados para o diagnóstico clínico e orientação da terapêutica, contribuindo dessa forma, para melhora do prognóstico do doente grave e sua segurança.

Apesar das inquestionáveis vantagens desta tecnologia, devido principalmente ao fenômeno da “Fadiga de Alarmes” na terapia intensiva, podem ocorrer erros e conseqüentemente eventos adversos, relacionados ao uso das atuais tecnologias de alarmes.

## 2.1 Qual é o Alarme Prioritário ?



Quando toca um alarme, a equipe de saúde da UTI deve decidir se é importante, prioritário, pouco significativo ou até falso. Deve saber diferenciar, entre os inúmeros sons e tonalidades, os alarmes que exigem uma ação imediata/rápida dos que podem ser atendidos com mais tempo. (SANTOS, F et al.)

A equipe da terapia intensiva em função dos constantes ruídos nessa unidade, provocados pelo enorme fluxo de pessoas transitando no ambiente e os constantes alarmes que disparam a todo instante, pode-se condicionar a não mais considerá-lo como prioritário ou indicador de uma potencial situação de emergência, mas somente como um “ruído” estressante.

Por exemplo se um alarme de aumento da frequência cardíaca por fibrilação ventricular, que exige uma ação imediata para evitar consequências neurológicas, for confundido com alarme para carga de bateria, o retardo na resposta poderá colocar em risco a vida do paciente.

### 3. OBJETIVO

O Projeto de pesquisa do Mestrado tem por objetivo principal buscar soluções para o problema da Fadiga de Alarmes de monitores multiparamétricos de UTI, minimizando as probabilidades dos eventos adversos em terapia intensiva, isto é:

- Analisar a eficiência dos limites dos parâmetros fisiológicos que geram os alarmes.
- Desenvolver um Algoritmo de Gestão de Alarmes na UTI, usando Lógica Fuzzy e o programa MATLAB para ter uma otimização da prioridade dos alarmes, de modo a realmente sinalizar a equipe de saúde uma condição de crítica que está acontecendo com o doente e que exige providências urgentes.

Com o alcance desses objetivos na UTI do HUGG, está sendo viabilizada a padronização de um único modelo/marca de monitor multiparamétrico e de Central de Controle de Monitoração de Alarmes.

#### **4. JUSTIFICATIVA**

Os alarmes clínicos se propõem a chamar a atenção dos profissionais de saúde ou notificá-los, quando um doente ou o próprio equipamento necessitam de sua atenção. Com a crescente incorporação de novos equipamentos na terapia intensiva, tem sido cada vez mais difícil atender a esse propósito, tendo em vista o crescente número de alarmes disponíveis, mas que não são capazes de orientar sobre o que fazer. (SANTOS, F et al.)

Quando um alarme indicando uma situação crítica do paciente, não é percebido/recebido ou quando não é traduzido em resposta rápida, imediata ou em tempo hábil, danos aos doentes podem ocorrer em função desse retardo no tempo estímulo-resposta ou pelo não atendimento. Quando os alarmes não são gerenciados de modo adequado, podem provocar uma falsa sensação de segurança entre os profissionais. (SANTOS, F et al.)

O ruído provocado por falsos alarmes (alarmes de baixa relevância clínica ou falso-positivos) que soam dos diferentes equipamentos eletromédicos e que são ignorados ou silenciados e não atendidos pela equipe de saúde, podem encobrir os verdadeiros alarmes, aqueles clinicamente relevantes, críticos e urgentes.

#### **5. METODOLOGIA**

Estudo descritivo-observacional quanti-qualitativa, com amostragem de conveniência e não probabilística para analisar as características e a eficiência dos limiares e dos valores de parâmetros fisiológicos que geram os alarmes em monitores multiparamétricos de UTIs.

Os dados dos parâmetros fisiológicos alarmados e dos respectivos limiares, tabulados na pesquisa de campo, são apresentados em gráficos obtidos usando a linguagem SPSS (IBM SPSS Statistics). Considerando como unidade amostral os alarmes de: Frequência Cardíaca-FC, Saturação de Oxigênio-SpO<sub>2</sub>, Pressão Arterial-PA, Frequência Respiratória-FR e Temperatura

##### ***5.1 Método***

O método do trabalho de campo será qualitativo. Os métodos da pesquisa qualitativa devem garantir rigor na validade dos dados obtidos, como, por exemplo, explicar claramente como foram coletados os dados e feitas as anotações de campo, entre outras.

A pesquisa descritiva do tipo observacional transversal, permite estabelecer relações entre variáveis e propor soluções, adapta-se ao objetivo de redução da Fadiga de Alarmes em UTI, desta forma o método será qualitativo e a pesquisa do tipo descritivo observacional transversal.

As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial descrever as características de um determinado fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis.

Ao optar por essa abordagem metodológica esperamos obter elementos que permitam propor soluções para gestão otimizada de grandes quantidade de alarmes de monitores multiparametricos em UTI, atuando sobre fatores de predisposição para Fadiga de Alarmes.

O método proposto vai analisar na UTI a eficiência dos limiares dos alarmes acionados, e identificar os alarmes com ALTA SENSIBILIDADE e BAIXA ESPECIFICIDADE.

### ***5.2 O Cenário Amostra Estudada***

O cenário de observação foi a UTI Adulto de dois hospitais da rede pública de saúde e integrante do SUS, isto é: um Hospital Universitário Federal com 12 leitos na UTI localizado na Cidade do Rio de Janeiro e um Hospital Estadual com 30 leitos na UTI localizado na Cidade de Niterói.

A pesquisa não envolveu diretamente os profissionais de saúde, visto que todos os dados produzidos dizem respeito apenas aos alarmes dos sistemas de monitorização, portanto, não será necessário termo de consentimento livre e esclarecido.

Os hospitais da pesquisa, contam com ampla rede de serviços de saúde, cobrindo praticamente todo o espectro da atenção, inclusive operando como referência para toda a cidade e estado, no atendimento a especialidades para as quais está habilitado pelo Ministério da Saúde.

### ***5.3 Amostra Estudada***

A seleção dos alarmes dar-se-á por amostragem não-probabilística, o que não garantirá que cada unidade amostral do universo de alarmes que soam em um instante de tempo na UTI tenha uma probabilidade conhecida e diferente de zero de pertencer a amostra, considerando para efeitos de inclusão, somente um alarme de cada vez. (SANTOS, F et al.)

A técnica de amostragem para definição da amostra de alarmes será não probabilística do tipo errática, sendo, portanto desconhecida a probabilidade de seleção de cada unidade amostral. Considerando como unidade amostral do universo de alarmes de equipamentos em UTI os alarmes de: Frequência Cardíaca-FC, Saturação de Oxigenio-SpO2, Pressão Arterial-PA, Frequência Respiratória-FR e Temperatura.

## **6. EMBASAMENTO TEÓRICO**

O mestrando tem formação em engenharia eletrônica, tenho desenvolvido atividades de Engenheiro Clínico no HUGG nos últimos 5 anos e baseado atuação constante no CTI e outros setores do hospital, foi possível propor varias situações de estudo associadas aos alarmes de monitores multiparametricos que necessitam uma maior investigação como por exemplo quanto a: fadiga de alarmes, intensidade sonora dos alarmes, alarmes defeituosos, alarmes não confiáveis por falta de calibração ou manutenção na periodicidade recomendada pelo fabricante ou exigida pela ANVISA, alarmes não significativos, alarmes que não implicam em uma ação imediata e outras situações.

O mestrando tem também experiência baseado: no desenvolvimento de equipamentos eletrônicos por ter trabalhado no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás em Campinas SP e no curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

O embasamento teórico sobre o tema “SOLUÇÕES PARA A FADIGA DE ALARMES EM UTI” será baseado em: consulta de dados nas bases CAPES, SIENCEDIRECT, LILACS e MEDLINE; consulta a Normas Brasileiras e Normas estrangeiras; consulta a profissionais de saúde como médicos, enfermeiros, fisioterapeutas e técnicos do HUGG e de outros hospitais, consulta a manuais de fabricantes de equipamentos hospitalares; experiência de engenharia clínica no HUGG, conhecimento da manutenção de equipamentos de UTI.

## **7. BANCO DE DADOS**

A criação de um Banco de Dados dos alarmes na UTI é fundamental para análise dos inúmeros aspectos da gestão de medidas que vão reduzir a quantidade de alarmes falsos ou clinicamente irrelevantes.

### ***7.1 Planilha de Características dos Alarmes gerados nos leitos da UTI do HUGG***

A planilha se destina a mapear todos os aspectos relevantes dos alarmes gerados nos leitos da UTI Adulto do HUGG com as seguintes informações:

- Data e hora de ocorrência do alarme
- Nível do Alarme e Limites superior e Inferior do Parâmetro Fisiológico alarmado (identificado na planilha com um asterisco \*)
- Nível e Limites superior e inferior dos outros parâmetros fisiológicos presentes na tela

Campo Observações relatando:

- Tipo de Alarme do Monitor (Red-R, Yellow-Y, Inoperantes-I)
- Tipo de alarme de saída do Algoritmo de Gestão de Alarmes (Nenhuma Ação-N, Alerta-A, Yellow-Y, Red-R)
- Tempo de Atendimento e se foi Fatigado (não atendido em 10 minutos)
- Se foi um Alarme Falso ou de Baixa Relevância clínica), qual foi o motivo
- Patologia do Paciente



O Programa usa 34 variáveis que aparecem no “Variable View” representando todas as características dos parâmetros fisiológicos alarmados, conforme mostrado nos quadros abaixo, contendo:

- Nome das 34 Variáveis, tipo “numérico”, numero de dígitos e decimais
- Descrição das Variáveis
- Valores das Variáveis

Nome das 34 Variáveis, tipo “numérico”, numero de dígitos e decimais

	Name	Type	Width	Decimal
1	Data	Date	10	0
2	Hora	Numeric	4	2
3	AlarmePaciente5ouTecnico6	Numeric	1	0
4	TipoAlarmePaciente	Numeric	2	0
5	TipoAlarmeTecnico	Numeric	1	0
6	ParametrosAlarmados	Numeric	1	0
7	FCValorAlarme	Numeric	3	0
8	FCsuperadoInfSup	Numeric	1	0
9	FCLimiarSuperior	Numeric	3	0
10	FCLimiarInferior	Numeric	3	0
11	SpO2ValorAlarme	Numeric	3	0
12	SpO2superadoInfSup	Numeric	1	0
13	SpO2LimiarSuperior	Numeric	3	0
14	SpO2LimiarInferior	Numeric	3	0
15	PAMediaValorAlarme	Numeric	3	0
16	PAMediasuperadoInfSup	Numeric	1	0
17	PAMediaLimiarSuperior	Numeric	3	0
18	PAMediaLimiarInferior	Numeric	3	0
19	PASistValorAlarme	Numeric	3	0
20	PASistsuperadoInfSup	Numeric	1	0
21	PASistLimiarSuperior	Numeric	3	0
22	PASistLimiarInferior	Numeric	3	0
23	PADiastValorAlarme	Numeric	3	0
24	PADiastsuperadoInfSup	Numeric	1	0
25	PADiastLimiarSuperior	Numeric	3	0
26	PADiastLimiarInferior	Numeric	3	0
27	FRValorAlarme	Numeric	2	0
28	FRsuperadoInfSup	Numeric	1	0
29	FRLimiarSuperior	Numeric	2	0
30	FRLimiarInferior	Numeric	2	0
31	TEMPValorAlarme	Numeric	4	2
32	TEMPsuperadoInfSup	Numeric	1	0
33	TEMPLimiarSuperior	Numeric	4	2
34	TEMPLimiarInferior	Numeric	4	2

## Descrição das Variáveis

1	Data
2	Hora
3	Alarme do Paciente ou Alarme Técnico
4	Alarme do Paciente-Estado de Saúde
5	Alarme Técnico-Defeito no Monitor
6	Parâmetros Fisiológicos Alarmados
7	FC-Valor dos Alarmes
8	FC -% que superou Lim Sup ou Lim Inf
9	FC-Limites Superiores Prefixados no Monitor
10	FC-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
11	SpO2-Valor dos Alarmes
12	SpO2 -% que superou Lim Sup ou Lim Inf
13	SpO2-Limites Superiores Prefixados no Monitor
14	SpO2-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
15	PA Média-PAM -Valor dos Alarmes
16	PA Média-PAM -% que superou Lim Sup ou Lim Inf
17	PA Média-PAM-Limites Superiores Prefixados no Monitor
18	PA Média-PAM-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
19	PA Sistólica-Valor dos Alarmes
20	PA Sistólica -% que superou Lim Sup ou Lim Inf
21	PA Sistólica-Limites Superiores Prefixados no Monitor
22	PA Sistólica-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
23	PA Diastólica-Valor dos Alarmes
24	PA Diastólica-% que superou Lim Sup ou Lim Inf
25	PA Diastólica-Limites Superiores Prefixados no Monitor
26	PA Diastólica-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
27	FR-Valor dos Alarmes
28	FR-% que superou Lim Sup ou Lim Inf
29	FR-Limites Superiores Prefixados no Monitor
30	FR-Limites Inferiores Prefixados no Monitor
31	TEMP C° - Valor dos Alarmes
32	TEMP-% que superou Lim Sup ou Lim Inf
33	TEMP C°-Limites Superiores Prefixados no Monitor
34	TEMP C°-Limites Inferiores Prefixados no Monitor

## Valores das Variáveis

	Values	Missing	Columns	Align
1	None	None	7	Right
2	None	None	4	Right
3	{5, Alarme do Paciente}...	None	5	Right
4	{0, não identificado}...	None	1	Right
5	{0, Defeito Tecnico Não Identificado}...	None	5	Right
6	{1, FC}...	None	6	Right
7	None	None	3	Right
8	{0, FC < Lim Inferior}...	None	1	Right
9	None	None	3	Right
10	None	None	3	Right
11	None	None	3	Right
12	{0, SpO2< Lim Inferior}...	None	3	Right
13	None	None	3	Right
14	None	None	2	Right
15	None	None	3	Right
16	{0, PA Media < Lim Inferior}...	None	1	Right
17	None	None	3	Right
18	None	None	2	Right
19	None	None	4	Right
20	{0, PA Sistolica < Lim Inferior}...	None	1	Right
21	None	None	3	Right
22	None	None	3	Right
23	None	None	3	Right
24	{0, PA Diastolica < Lim Inferior}...	None	1	Right
25	None	None	3	Right
26	None	None	2	Right
27	None	None	2	Right
28	{0, FR < Lim Inferior}...	None	1	Right
29	None	None	2	Right
30	None	None	1	Right
31	None	None	4	Right
32	{0, TEMP < Lim Inferior}...	None	1	Right
33	None	None	4	Right
34	None	None	3	Right

**Variable Values**

Value		Label
AlarmePaciente5ouTecnico6	5	Alarme do Paciente
	6	Alarme Tecnico
TipoAlarmePaciente	0	não identificado
	1	Arritmia
	2	Apneia
TipoAlarmeTecnico	0	Defeito Tecnico Não Identificado
	1	PA com Defeito
	2	ECG com defeito
	3	SpO2 com Defeito
	4	FR com defeito
	5	TEMP com defeito
	7	Defeito no Equipamento
	8	Bateria Descarregada
ParametrosAlarmados	1	FC
	2	SpO2
	3	PA Media
	4	PA Sistolica
	5	PA Diastolica
	6	FR
	7	TEMP
FCsuperadoInfSup	0	FC < Lim Inferior
	1	FC > Lim Superior
SpO2superadoInfSup	0	SpO2< Lim Inferior
	1	SpO2 > Lim Superior
PAMediasuperadoInfSup	0	PA Media < Lim Inferior
	1	PA Media> Lim Superior
PASistsuperadoInfSup	0	PA Sistolica < Lim Inferior
	1	PA Sistolica > Lim Superior
PADiastsuperadoInfSup	0	PA Diastolica < Lim Inferior
	1	PA Diastolica > Lim Superior
FRsuperadoInfSup	0	FR < Lim Inferior
	1	FR> Lim Superior
TEMPsuperadoInfSup	0	TEMP < Lim Inferior
	1	TEMP> Lim Superior

#### 7.4 Conclusões sobre o Banco de Dados

Os resultados da análise dos dados obtidos pelo “**Programa Estatístico de Alarmes**” permitem fazer uma análise detalhada de todo o processo de sinalização de alarmes de Monitores Multiparametricos em UTI e poderão, por exemplo, apontar para um alto índice de Alarmes Técnicos (defeitos em cabos, acessórios, equipamento etc), que evidenciaria uma grave falha na manutenção Preventiva e Corretiva e a necessidade de varias medidas administrativas corretivas..

Entre os vários resultados possíveis de serem obtidos pelo uso do “**Programa Estatístico de Alarmes**” poderá, por exemplo, ficar evidenciado o uso persistente dos mesmos limiares prefixados nos monitores, quando o recomendado é que os limiares sejam mudados frequentemente em função da evolução do estado de saúde do paciente e/ou adequado as características específicas de sua patologia, que apontaria para a urgente necessidade de treinamento dos atendentes da UTI.

### 8. RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Na pesquisa de campo foram registradas um total **203 ocorrências** de alarmes de parâmetros fisiológicos em Monitores Multiparametricos de UTI Adulto, **durante 4 meses de observação.**

Os gráficos dos dados obtidos na pesquisa de campo, que foram tabulados e tratados estatisticamente pelo programa SPSS, são apresentados nas **30 Figuras** que se seguem:

A **Figura 1**, mostra o porcentual de cada tipo de alarme, isto é:

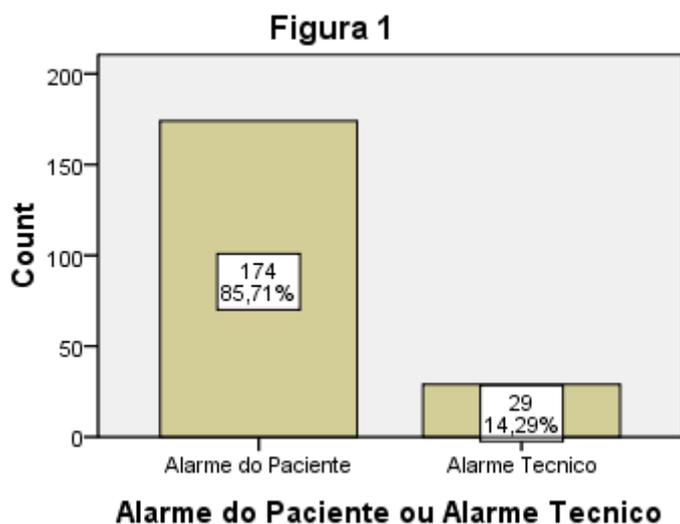
- **Alarme do Paciente** = quando foi alarmado um parâmetro fisiológico do estado de saúde do paciente (FC, SpO2, PA, FR, TEMP)
- **Alarme Técnico** = quando foi gerado um alarme devido a algum defeito ou não funcionamento técnico do Monitor Multiparametricos (acessórios, cabos, bateria, etc)

O alto porcentual de Alarmes Técnicos registrados de 14,29% aponta para uma clara falha do sistema de manutenção Preventiva e Corretiva dos Monitores Multiparametricos.

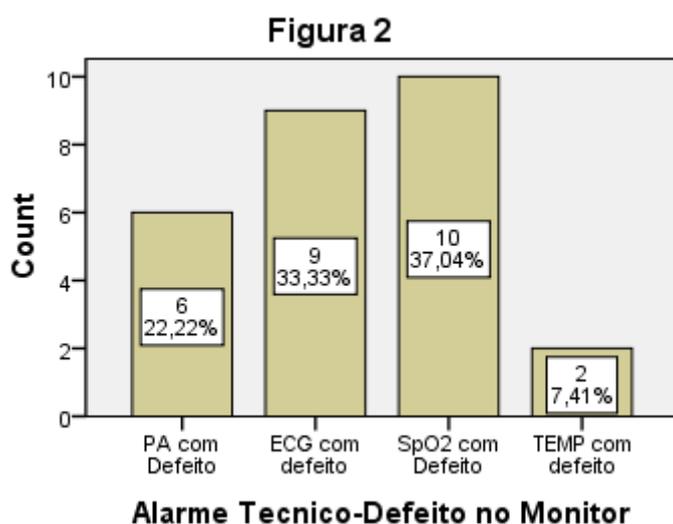
Se a manutenção Preventiva e Corretiva dos monitores estivesse funcionando corretamente todos os alarmes deveriam sinalizar uma condição de saúde do paciente e nunca defeitos do equipamento.

Para não colocar em risco a vida do paciente, deve haver uma verificação permanente da funcionalidade dos monitores pela engenharia clinica do hospital de modo a promover imediata substituição de acessórios e/ou de todo o monitor defeituoso.

É recomendável que seja introduzido o acompanhamento de um indicador do tempo de uso efetivo dos monitores, de modo a garantir que os equipamentos estejam plenamente funcionais pelo menos em 95% do seu tempo de uso na UTI.

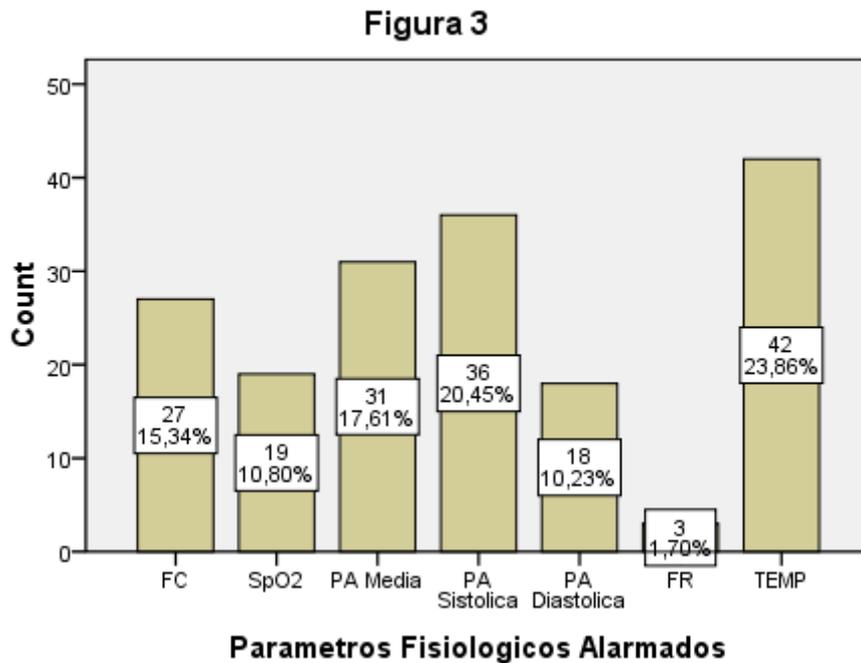


A **Figura 2** mostra que o maior percentual de Alarmes Técnicos ocorreu devido a defeitos que impediram a medição da saturação de oximetria-SpO2 (defeitos em cabos, acessórios, por baixa perfusão e outros), cabe portanto a engenharia clínica manter uma reserva adequada de acessórios de SpO2 para pronta reposição.



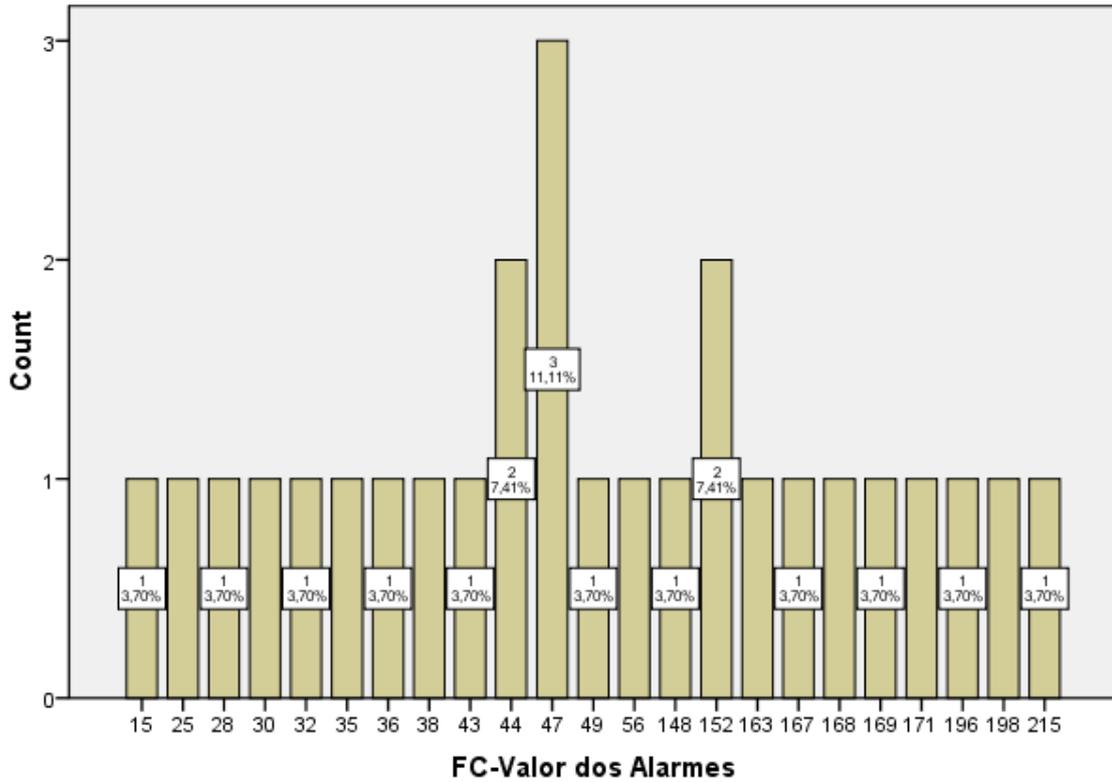
A **Figura 3**, mostra o porcentual de cada tipo de parâmetro fisiológico num total de 203 alarmes registrados.

Os dados tabulados mostram que o parâmetros fisiológico que sinalizou a maior quantidade de alarmes foi a Temperatura (23,86%) seguido pela Pressão Sistólica (20,45%).



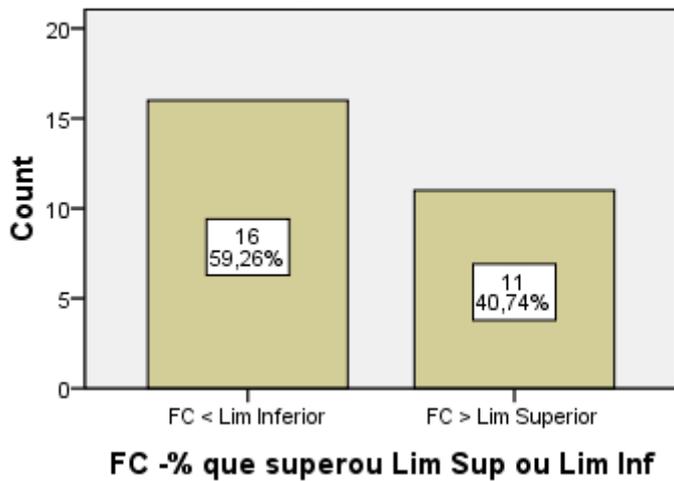
A **Figura 4**, mostra os Valores dos alarmes de Frequência Cardíaca-FC registrados, o valor de alarme de FC baixa (bradicardia) mais acionado foi de 47 bpm e o valor de alarme de FC alta (taquicardia) mais acionado foi de 152 bpm.

Figura 4



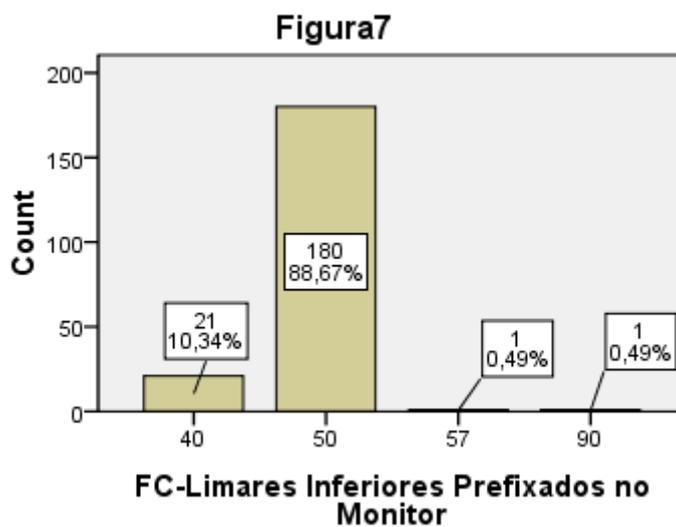
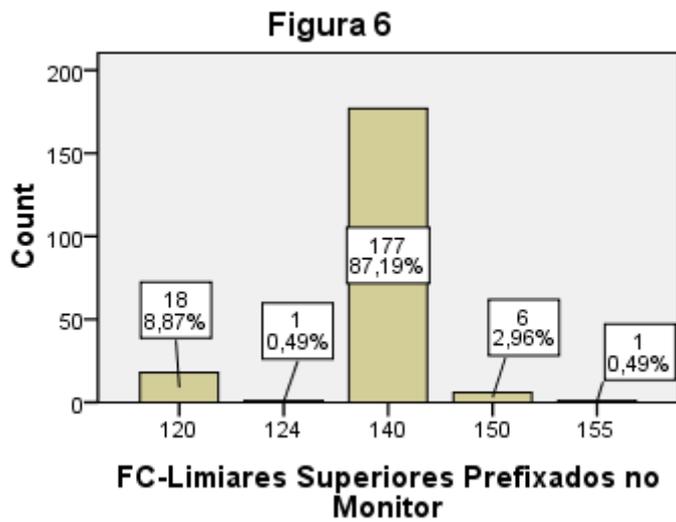
A **Figura 5** mostra o percentual de alarmes de FC que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor Multiparametrico.

Figura 5



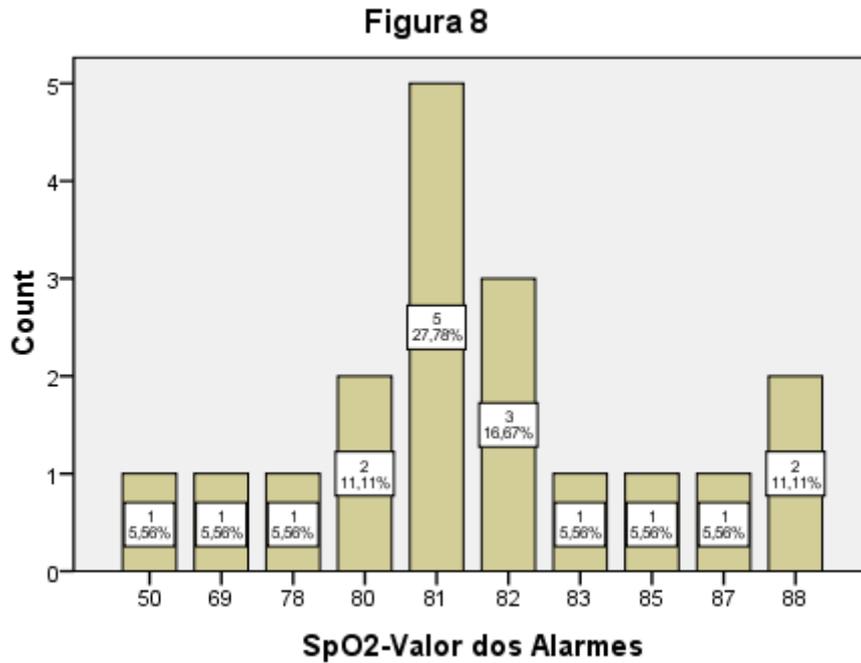
As **Figuras 6 e 7**, mostram os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores Prefixados no Monitor Multiparametrico para o alarme de Frequência Cardíaca-FC.

Nestes gráficos verifica-se o uso persistente dos mesmos limiares prefixados nos monitores, quando era de se esperar que os limiares fossem mudados frequentemente em função da evolução do estado de saúde do paciente e adequados as características específicas de sua patologia.



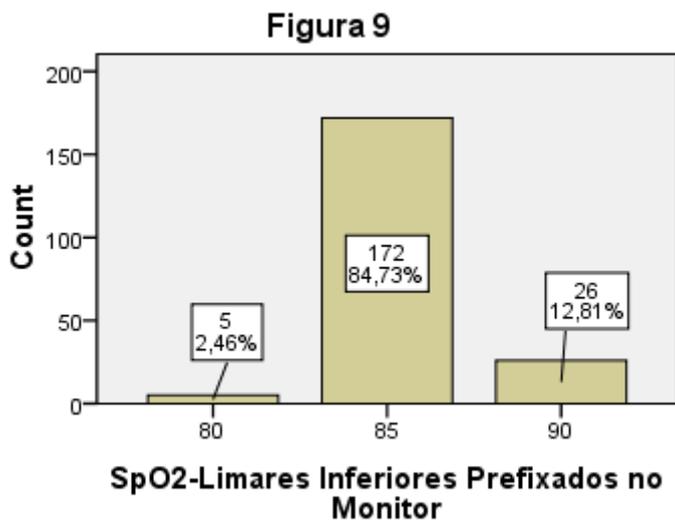
A **Figura 8**, mostra os Valores dos alarmes de Saturação de Oxigenio-SpO2 registrados.

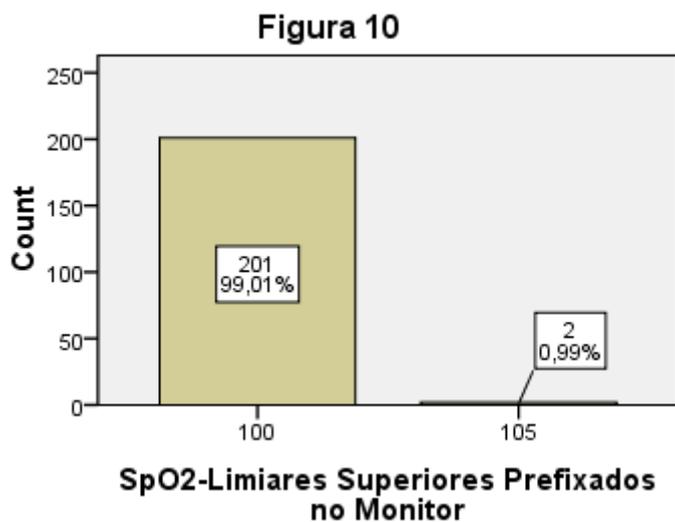
A maior incidência foi de alarmes de SpO2 nos valores de 81% e 82%.



As **Figuras 9 e 10**, mostram os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores **Prefixados** no Monitor Multiparametrico para o alarme de Saturação de Oxigenio-SpO2

Observa-se uma nítida predominância do valor de 85% para limiar inferior e 100% para limiar superior.

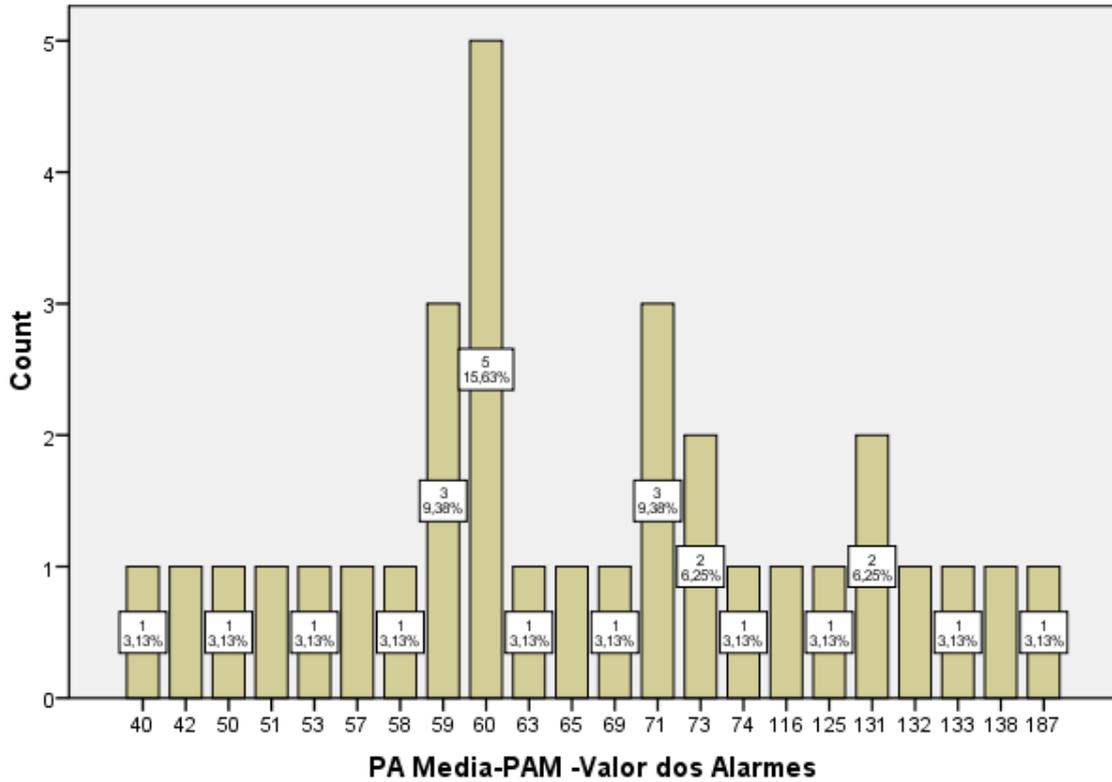




A **Figura 11** mostra os valores dos alarmes de Pressão Arterial Media- PAM (em mmHg) registrados na pesquisa de campo.

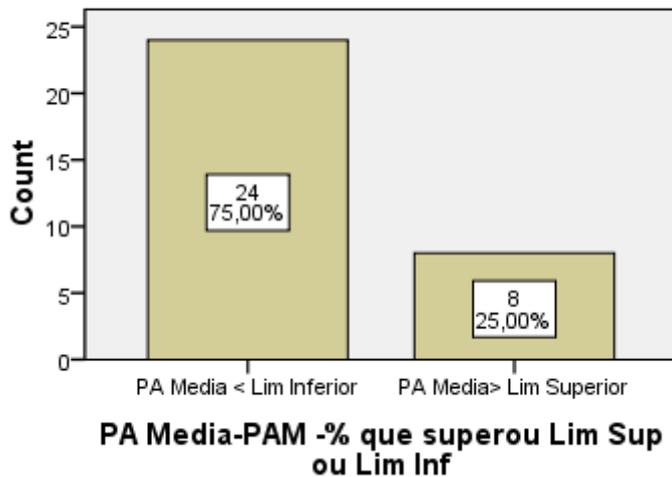
A maior incidência dos alarmes registrados foi de valores abaixo do limiar inferior pré-fixado no monitor e ocorreram poucos valores acima do limiar superior pré-fixado no monitor.

Figura 11

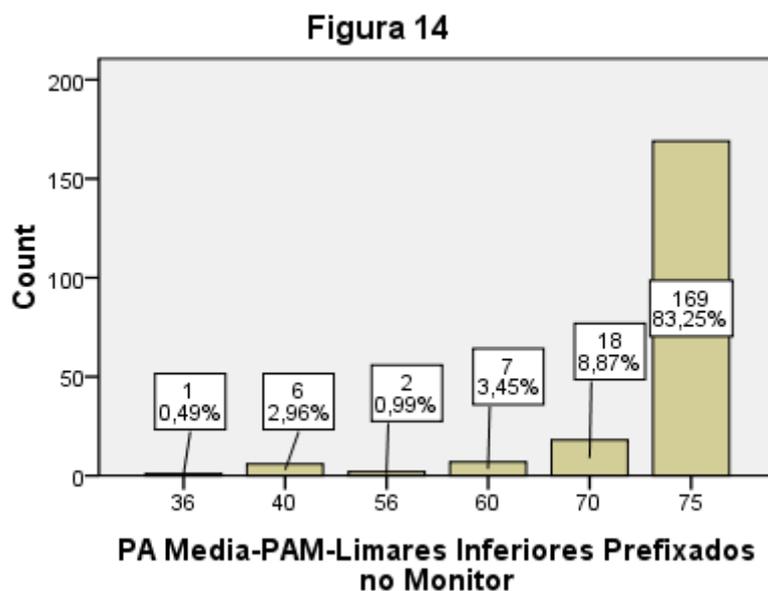
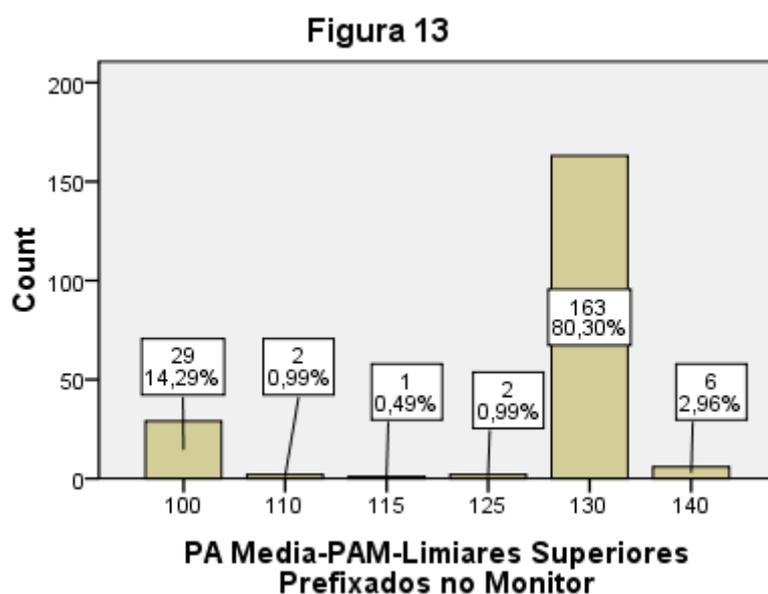


A **Figura 12** mostra o percentual de alarmes de Pressão Arterial Media-PAM que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor Multiparametrico.

Figura 12

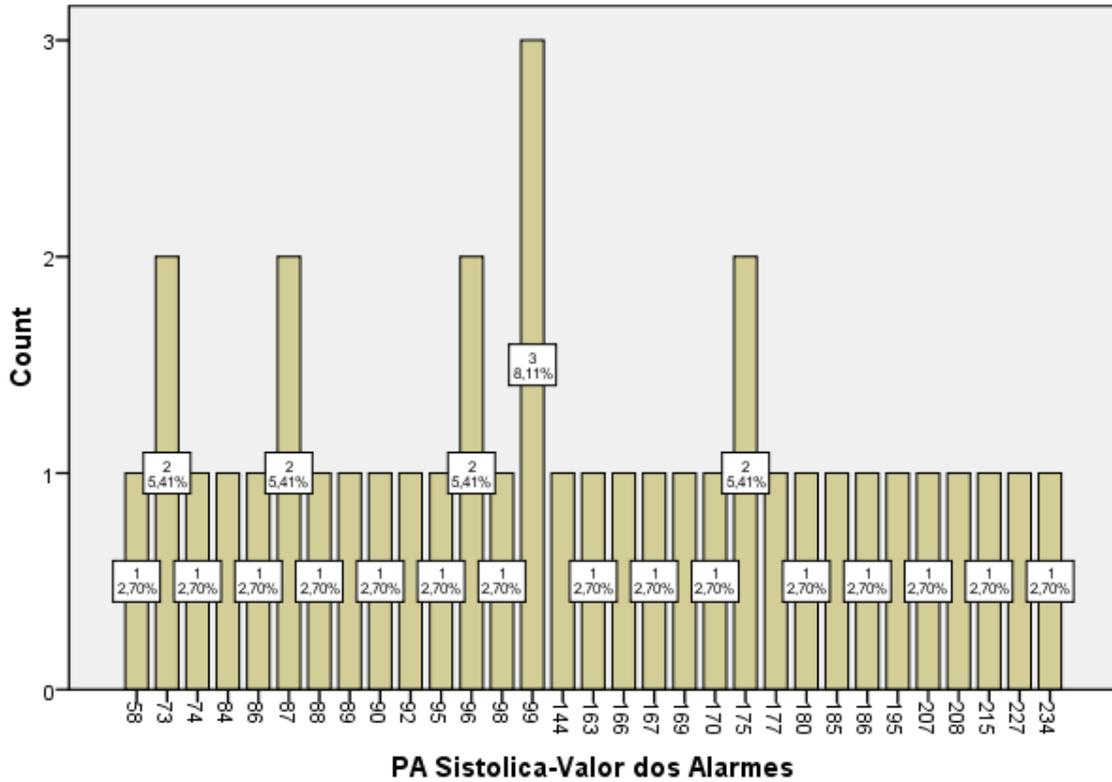


As **Figuras 13 e 14**, mostram os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores **Prefixados** no Monitor Multiparametrico para o alarme de Pressão Arterial Media-PAM.



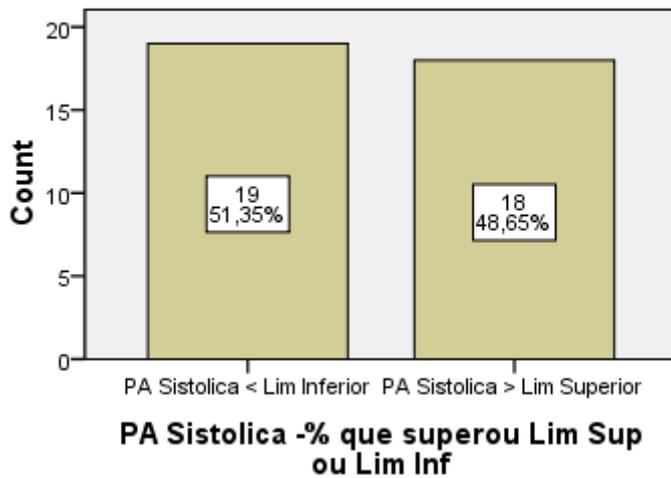
A **Figura 15**, mostra os Valores dos alarmes de Pressão Arterial Sistólica (em mmHg) registrados.

Figura 15

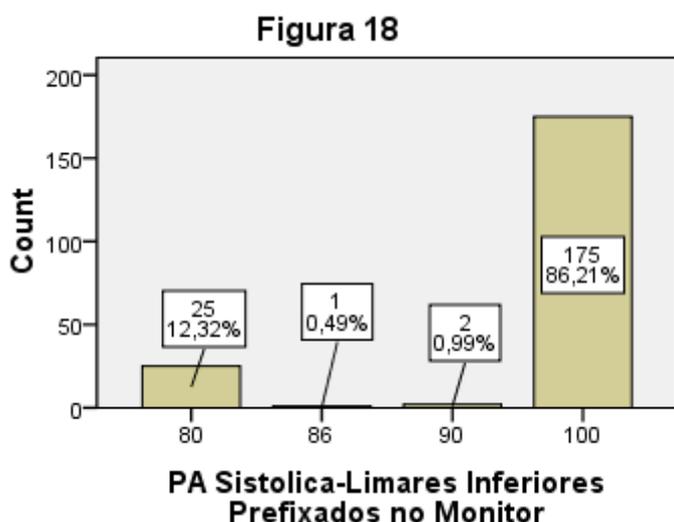
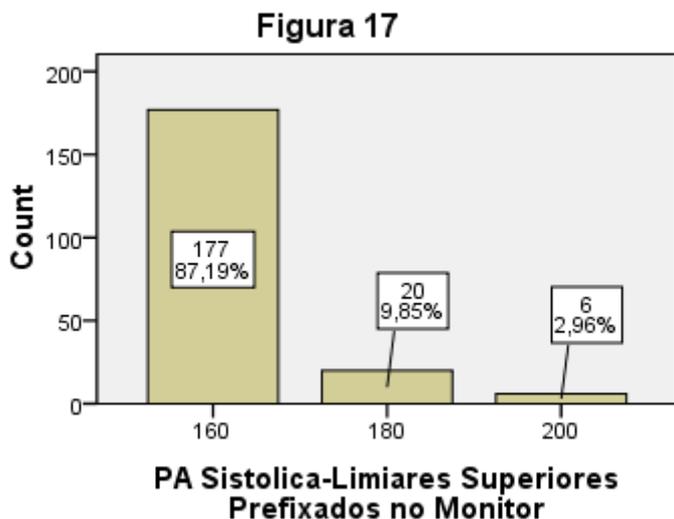


A Figura 16, mostra o percentual de alarmes de Pressão Arterial Sistólica que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor

Figura 16



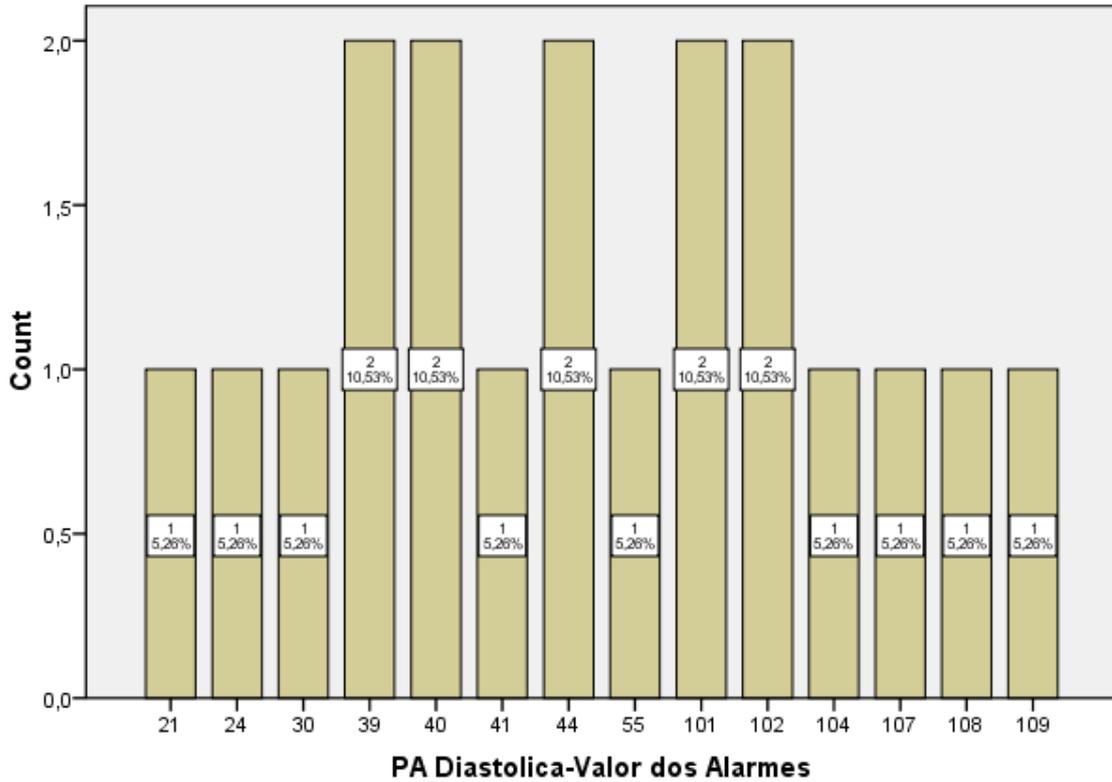
As **Figuras 17 e 18**, mostram os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores Prefixados no Monitor Multiparametrico para o alarme de Pressão Arterial Sistólica.



A **Figura 19**, mostra os Valores dos alarmes de Pressão Arterial Diastólica (em mmHg) registrados.

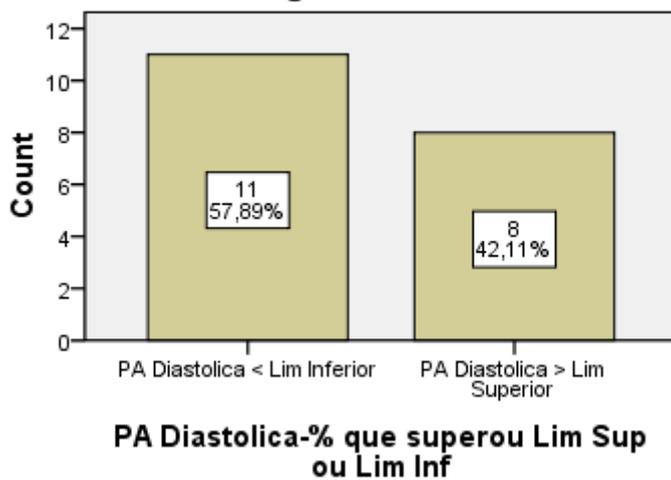
A maior incidência dos alarmes registrados foi de valores abaixo do limiar inferior pré-fixado no monitor e ocorreram poucos valores acima do limiar superior pré-fixado no monitor.

Figura 19

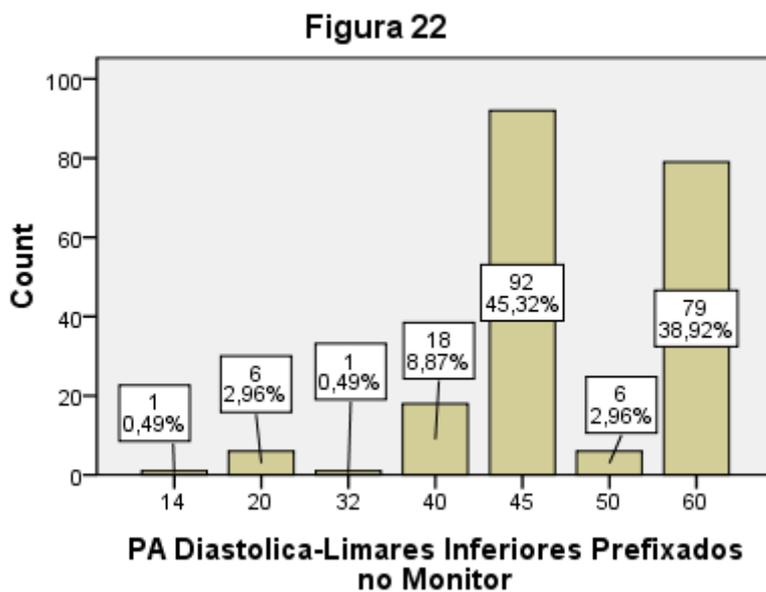
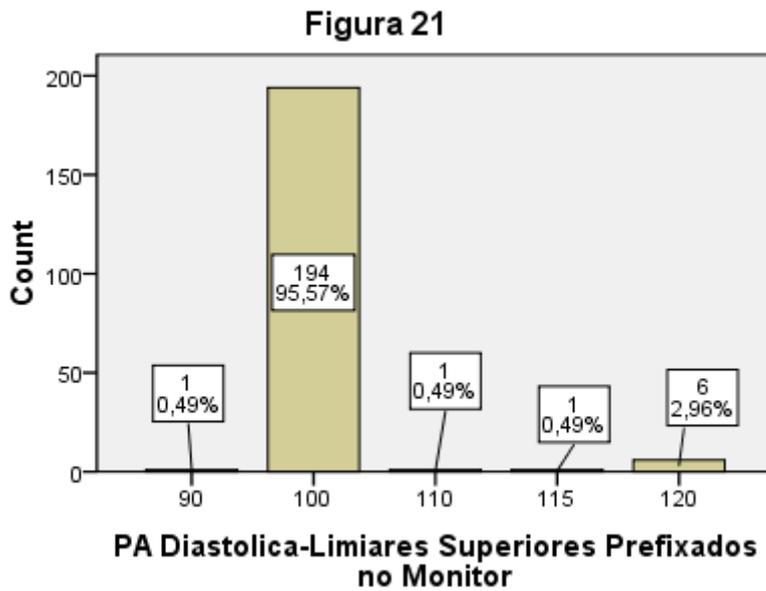


A **Figura 20**, mostra o percentual de alarmes de Pressão Arterial Diastólica que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor Multiparametrico.

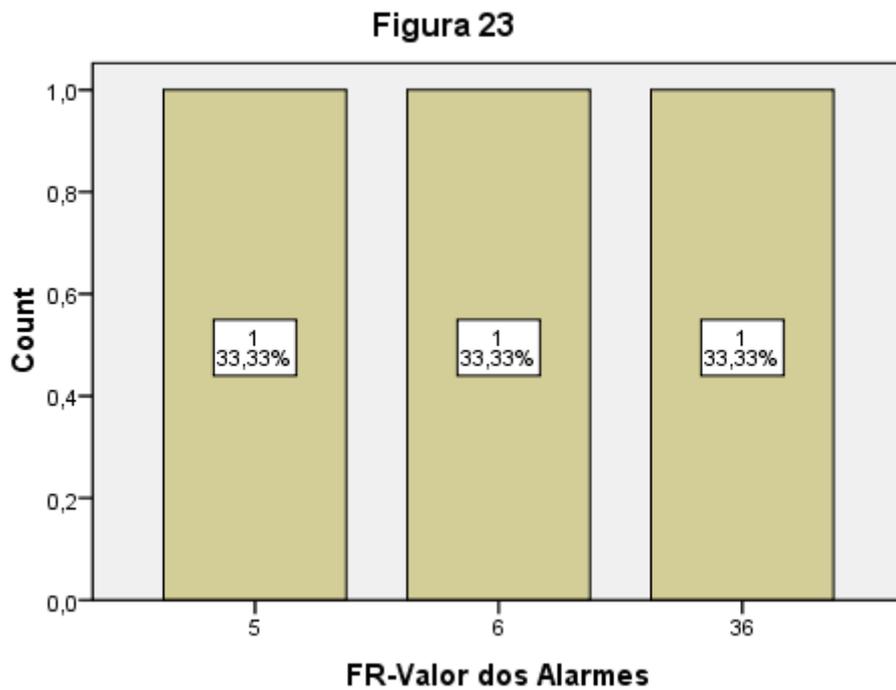
Figura 20



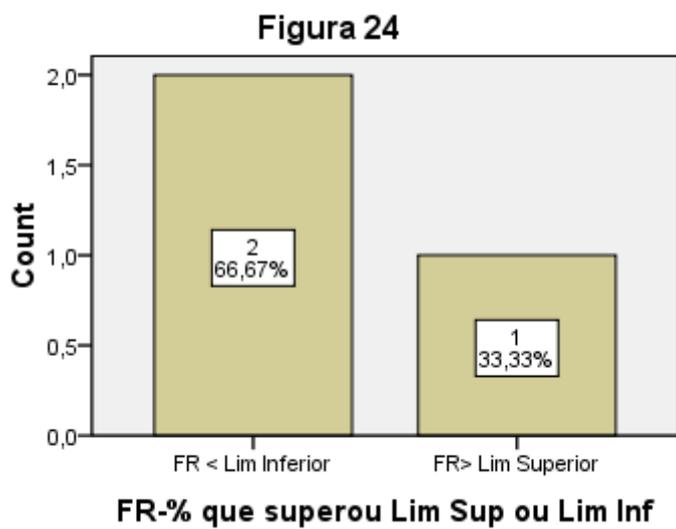
As **Figuras 21 e 22**, mostram os respectivos valores e os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores Prefixados no Monitor Multiparametrico, para o alarme de Pressão Arterial Diastólica.



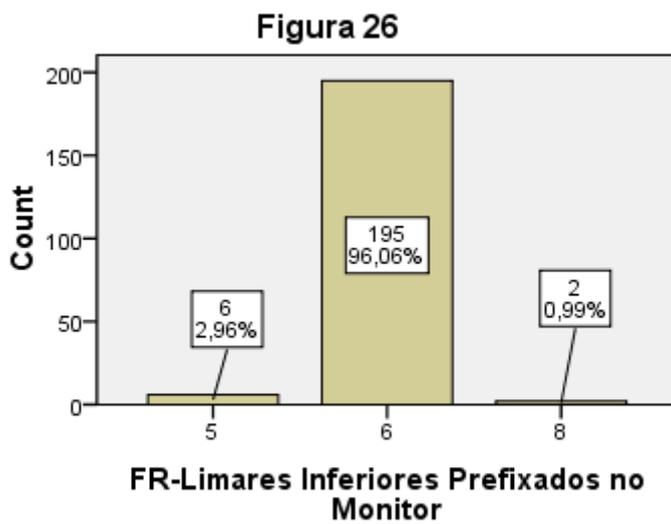
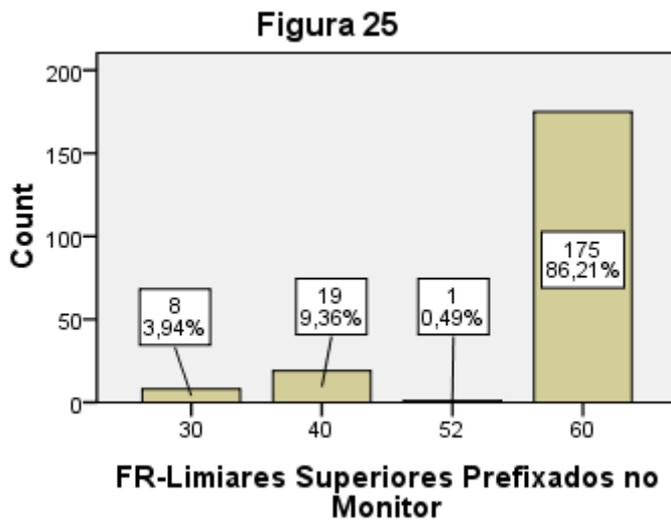
A **Figura 23**, mostra os Valores dos alarmes de Frequência Respiratória-FR (em rpm) registrados.



A **Figura 24**, mostra o percentual de alarmes de Frequência Respiratória-FR que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor Multiparametrico.

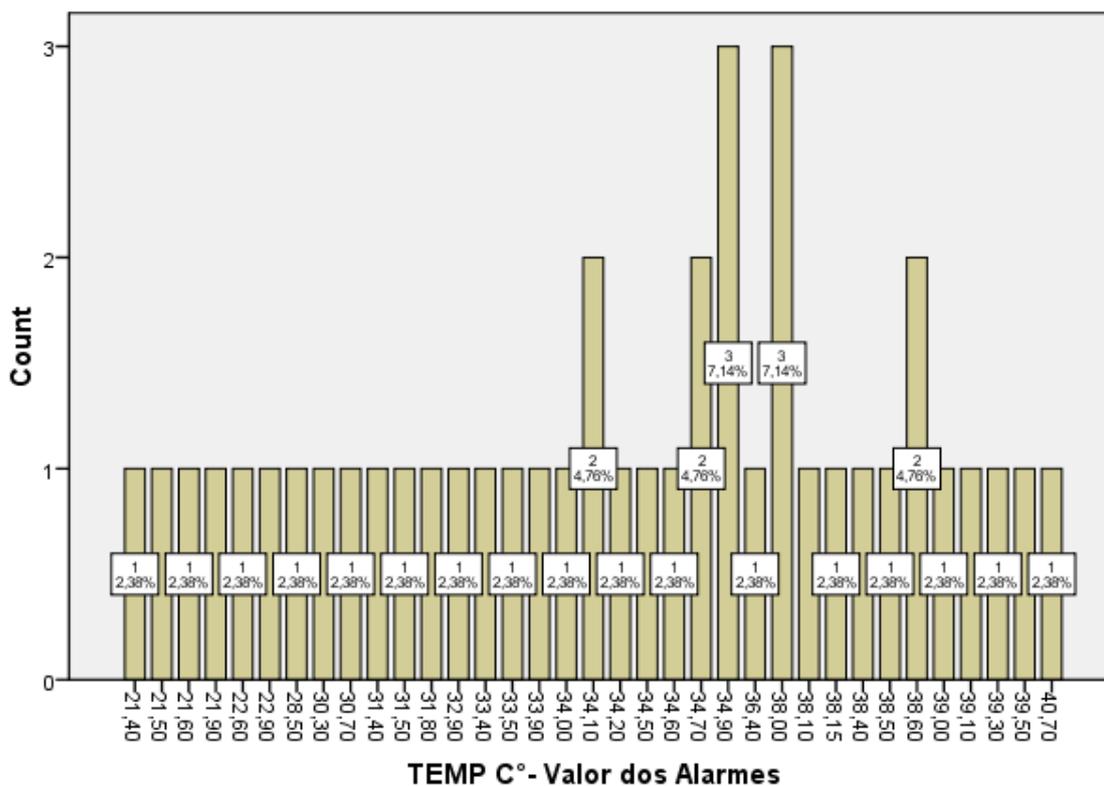


As **Figuras 25 e 26**, mostram os respectivos valores e os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores **Prefixados** no Monitor Multiparametrico, para o alarme de Frequência Respiratória-FR



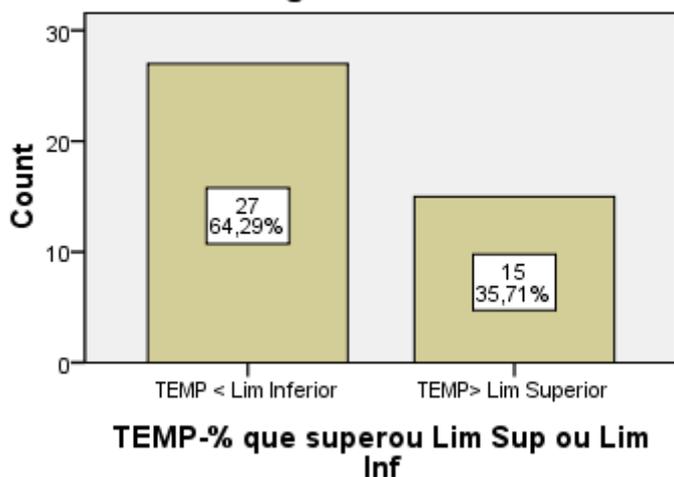
A **Figura 27**, mostra os Valores dos alarmes de Temperatura Corporal-TEMP (em C°) registrados.

Figura 27

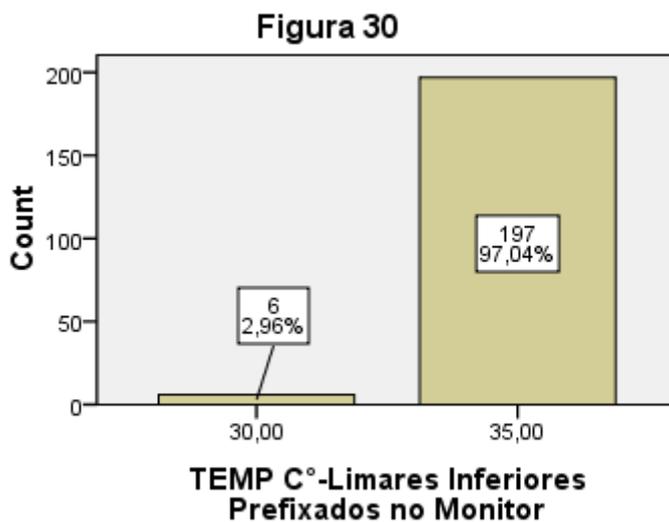
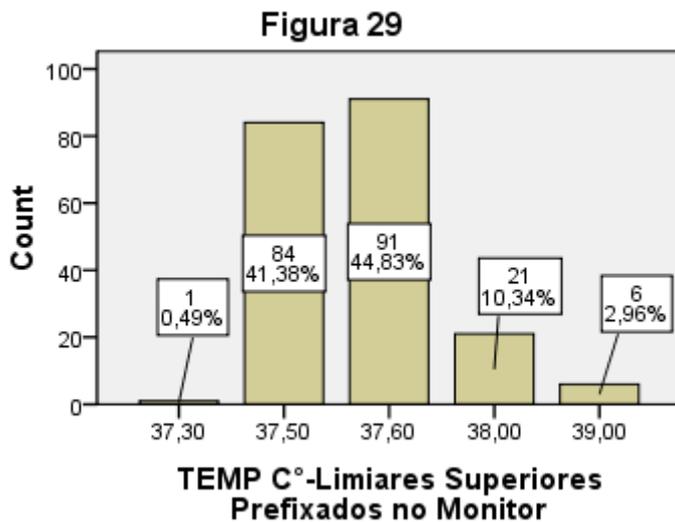


A **Figura 28** mostra o percentual de alarmes de Temperatura Corporal-TEMP que superaram respectivamente os limiares inferiores e superiores prefixados no Monitor Multiparametrico.

Figura 28



As **Figuras 29 e 30**, mostram os respectivos valores e os percentuais dos Limiares Inferiores e Superiores **Prefixados** no Monitor Multiparametrico, para o alarme de Temperatura-TEMP em C°.



### 8.1 Considerações resultantes da Pesquisa de Campo

Os dados obtidos na pesquisa de campo sobre alarmes de monitores multiparametricos de UTI Adulto em dois hospitais, mostraram um alto índice de Alarmes Técnicos (defeitos em cabos, acessórios, equipamento etc), evidenciando grave falha na manutenção Preventiva e Corretiva.

Outro aspecto que chama atenção é o uso persistente dos mesmos limiares prefixados nos monitores, quando o recomendado é que os limiares sejam mudados frequentemente em função da evolução do estado de saúde do paciente e/ou adequado as características específicas de sua patologia.

## 9. LÓGICA FUZZY

A Logica Fuzzy (Logica Difusa ou Nebulosa) que se destina a modelar matematicamente a habilidade humana de tomar decisões racionais em ambientes de incerteza e imprecisão, permite modelar raciocínios aproximados baseados em palavras ou variáveis linguísticas e inferir através de operadores matemáticos a tomada de decisões objetivas.(TANSCHKEIT, R)

Desta forma estados não precisos podem ser modelados por conceitos não-quantificáveis expressos por "palavras/variáveis linguísticas" como:

- quantidades (*muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, etc...*)
- temperatura (*quente, morno, frio, etc..*)
- sentimento de felicidade (*radiante, feliz, apático, triste, ...*)

A Logica Fuzzy trabalha com informações vagas, descritas em uma linguagem natural, com raciocínios aproximados ou incertos. Estas informações na forma de "palavras/variáveis linguísticas" serão convertidas para um formato matemático/numérico, que permite realizar cálculos usando programas/software de computadores. (MARRO,A et al)

Logica Fuzzy será usada juntamente com o programa MATLAB para desenvolver um Algoritmo de Gestão de Alarmes que se propõe a analisar simultaneamente os 4 parâmetros fisiológicos mais usados na UTI, tendo como resultado atribuir prioridades aos alarmes para reduzir os falsos ou sem relevância clinica e conseqüentemente diminuir a Fadiga de Alarmes.

A Logica Fuzzy (Logica Difusa ou Nebulosa) que se destina a modelar matematicamente a habilidade humana de tomar decisões racionais em ambientes de incerteza e imprecisão, permite modelar raciocínios aproximados baseados em palavras ou variáveis linguísticas e inferir através de operadores matemáticos a tomada de decisões objetivas.

Desta forma estados não precisos podem ser modelados por conceitos não-quantificáveis expressos por "palavras/variáveis linguísticas" como:

- quantidades (*muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, etc...*)
- temperatura (*quente, morno, frio, etc..*)
- sentimento de felicidade (*radiante, feliz, apático, triste, ...*)

A Logica Fuzzy trabalha com informações vagas, descritas em uma linguagem natural, com raciocínios aproximados ou incertos. Estas informações na forma de "palavras/variáveis linguísticas" serão convertidas para um formato matemático/numérico, que permite realizar cálculos usando programas/software de computadores como o MATLAB.

### 9.1 Conceituação da Logica Fuzzy

Em um Conjunto Fuzzy A temos uma “palavra/variável linguística” com infinitos valores dispersos/nebulosos de x pertencentes ao Universo  $X_A$ , que por sua vez serão associados a valores correspondentes definidos pela Função de Pertinência  $\mu_A(x)$ , no intervalo [0 a1]. Desta forma a função  $\mu_A(x)$  também pode ter valores infinitos no intervalo entre 0 e 1.

A Lógica Fuzzy (composta por um ou mais Conjuntos de Valores Dispersos ou Nebulosos, Conjuntos Fuzzy ou Conjuntos A,B,C..), admite os valores lógicos difusos/nebulosos da função  $\mu_A(x)$ , entre o FALSO (0) e o VERDADEIRO (1).

**Exemplo** – Indivíduos Altos, Médios e Baixos

Consideramos Conjuntos Fuzzy A,B,C compostos de “palavras/variáveis linguísticas” que definem a altura de indivíduos.

Por exemplo para um individuo classificado como “Alto” e com altura =1,75metros, foi associado o valor de  $\mu_A(x)= 0,5$  no Conjunto A, Para um individuo “Baixo” com altura 1,50metros foi associado o mesmo valor  $\mu_C(x) = 0,5$  no Conjunto C.

	A Alto			B Médio			C Baixo		
$x \in X_{A,B,C}$	1,65	1,75	1,85	1,45	1,60	1,75	1,40	1,50	1,60
$\mu_{A,B,C}(x)$	0	0,5	1	0	1	0	1	0,5	1

Alto  $\mu_A(x) = \{ 0,0; 0,5; 1,0\}$  Médio  $\mu_B(x) = \{0,0; 1,0; 0,0\}$  Baixo  $\mu_C(x) = \{1,0; 0,5; 1,0\}$

Os valores de  $\mu_{A,B,C}(x)$  são chamados Funções de Pertinência e estão contidos entre [0 e 1].

No quadro acima pode-se constatar que as variáveis linguísticas difusas “Alto e Baixo” tem valores iguais de 0,5 nas funções  $\mu_{A,C}(x)$ , que resultará em uma superposição nas áreas de abrangência em seus respectivos gráficos.

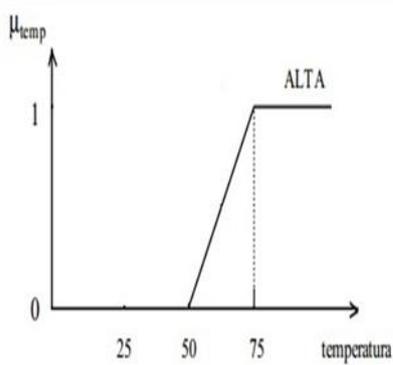
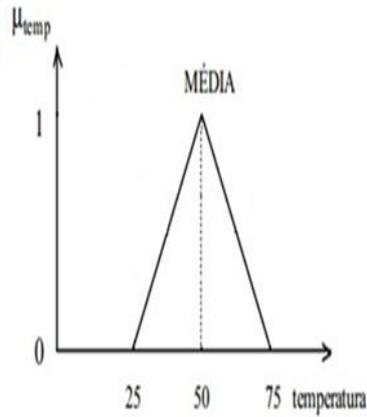
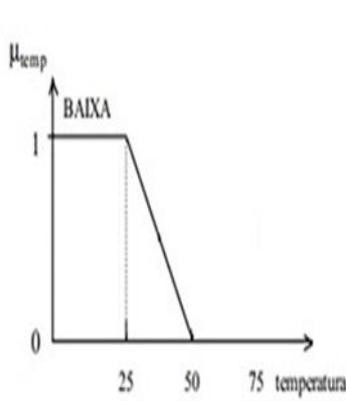
### 9.2 Representação Gráfica

A representação gráfica dos valores de x no eixo horizontal e seus correspondentes  $\mu_A(x)$ ,  $\mu_B(x)$ ,  $\mu_C(x)$  no eixo vertical, permite uma melhor visualização do problema e facilita a realização dos cálculos, principalmente para solução “manual” de problemas simples.

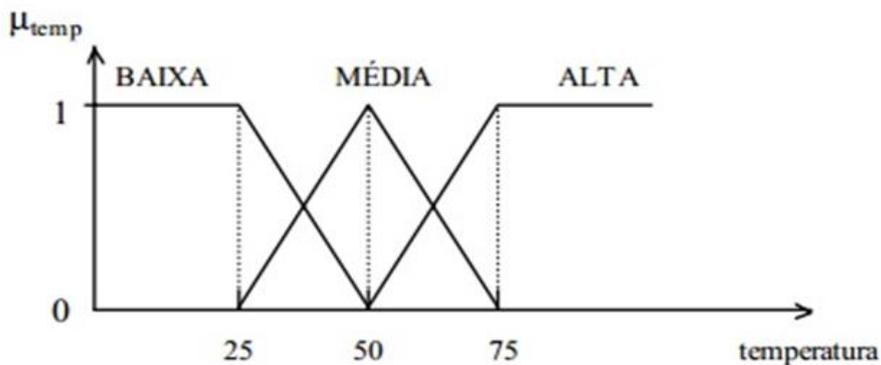
**Exemplo** – Temperaturas Baixa, Media e Alta em C°

A Tabela e o Gráfico abaixo mostram as Funções de Pertinência  $\mu_{A,B,C}(x)$  para três variáveis “palavras/linguísticas” que caracterizam a temperatura: Baixa, Media, Alta

	A Temp. Baixa			B Temp. Média			C Temp. Alta		
$x \in X_{A,B,C}$	$x=25$	$x=50$	$x=75$	$x=25$	$x=50$	$x=75$	$x=25$	$x=50$	$x=75$
$\mu_{A,B,C}(x)$	1	0	0	0	1	0	0	0	1



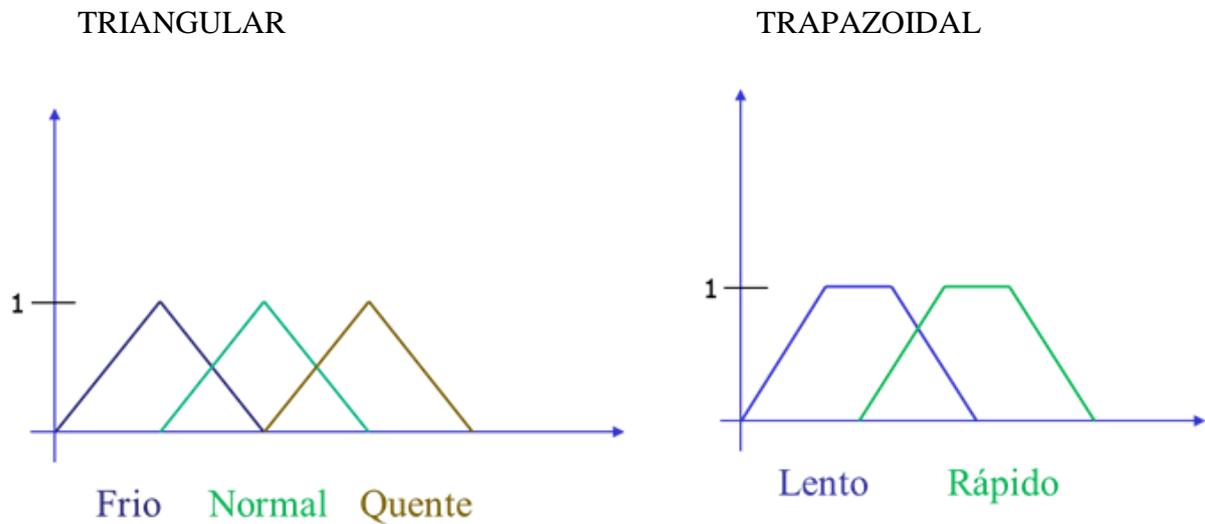
Funções de Pertinência  $\mu_{A,B,C}(temp)$  para variáveis linguísticas Baixa, Media, Alta



Funções de Pertinência  $\mu_{A,B,C}(temp)$  superpostas em um único gráfico.

Para cada “palavra/variável linguística” e seus correspondentes valores de  $x$ , as respectivas Funções de Pertinência  $\mu_A(x)$ ,  $\mu_B(x)$ ,  $\mu_C(x)$  podem ser representados por diversos tipos gráficos com forma: Triangular, Trapezoidal, Gaussiana, etc.

Por exemplo verifica-se, na representação Trapezoidal abaixo, que para um desempenho considerado pela palavra/variável linguística "Lento", poderão existir uma infinitude de valores numéricos da Função de Pertinência  $\mu_A(x)$ , no intervalo [0 a1].



### 9.3 Representação Matemática, Operadores e Fases do Método Fuzzy

No Conjunto Fuzzy A para uma “palavra/variável linguística” temos vários valores difusos de x, aos quais correspondem os respectivos valores definidos pela Função de Pertinência  $\mu_A(x)$ , no intervalo [0 a1] .

$$A = \text{Conjunto Fuzzy} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

$\mu_A(x)$  = Função de Pertinência

-A=Conjunto Fuzzy (Conjunto A) totalmente caracterizado pelos valores difusos x e seus valores correspondentes via Função de Pertinência  $\mu_A(x)$  no intervalo [0 a 1].

-x = Valores Difusos/Dispersos (chamados Grau de Pertinência ao Conjunto A), que serão associados ao Conjunto Fuzzy por valores correspondentes definidos pela Função de Pertinência  $\mu_A(x)$  no intervalo [0 a1]. A variável x representa todos os valores dentro do Universo  $X_A$ , que podem pertencer ao Conjunto Fuzzy.

-  $\mu_A(x)$  é a Função de Pertinência, associada a cada valor difuso disperso de x e indica o grau de compatibilidade ou veracidade entre da proposição (“palavra/variável linguística”) e o conceito Conjunto Fuzzy.

-  $x \in X$  Mostra que os valores difusos/dispersos de x (associados a “palavra/variável linguística”), pertencem ao Universo  $X_A$ .

### 9.4 Interpretação dos valores de $\mu_A(x)$ no intervalo [0 a1]

$\mu_A(x) = 1$  indica que x é completamente compatível com o Conjunto Fuzzy

$\mu_A(x) = 0$  indica que x é completamente incompatível com o Conjunto Fuzzy

$0 < \mu_A(x) < 1$  indica que x é parcialmente compatível com o Conjunto Fuzzy

É comum que sejam escolhidos os valores numéricos 1 para representar o verdadeiro e 0 para representar o falso, isto é:

-caso  $x$  seja verdade, deve estar associado ao valor 1

-caso  $x$  seja falso deve ser associado ao valor 0

-inúmeros valores difusos de  $x$  que correspondem inúmeros valores de  $\mu_A(x)$ , limitados ao intervalo  $[0 \text{ a } 1]$ .

### **9.5 Operadores AND, OR, NOT (E, OU, Complemento)**

Os principais operadores da Logica Fuzzy são: AND, OR, NOT .

AND – Representa o MINIMO entre os valores de  $x$  do Universo  $X$

OR – Representa o MAXIMO entre os valores de  $x$  do Universo  $X$  OR

NOT – Representa o inverso/complemento do parâmetro  $x$ , negação da sentença original

### **9.6 Operadores de Inferência ou Implicação If ... Then (se ..então)**

São as ferramentas usadas no Método Fuzzy para criar hipóteses de inferência ou implicação, semelhantes as que existem em Fluxogramas/Algoritmos, onde são feitas perguntas para escolhas de diferentes caminhos.

Por exemplo em uma modelagem usando Lógica Fuzzy para calcular o valor da gorjeta em um restaurante, podemos ter:

Regra 1- Se o Serviço é ruim ou comida péssima, então a gorjeta será baixa

Regra 2- Se o Serviço é bom, então a gorjeta será media

Regra 3- Se o Serviço é excelente ou comida deliciosa, então a gorjeta será generosa

Aplicam-se as Regras nas condições antecedentes com os operadores (se...ou; se...and) e o operador (então) nas das condições consequentes.

-Variáveis linguísticas das condições Antecedentes do Serviço =ruim, bom, excelente

-Variáveis linguísticas das condições Antecedentes da Comida =péssima, deliciosa

-Variáveis linguísticas das condições Consequentes da Gorjeta= baixa, media generosa

### **9.7 Fases do Método FUZZY Mamdani**

O estilo de inferência Mandami foi criado pelo professor Ebrahim Mamdani da Universidade de Londres em 1975 para desenvolvimento de sistemas Fuzzy no intuito de representar experiências da vida real. Para tanto foi definido por Mamdani um processo de raciocínio dividido em quatro passos:

(a) Fuzzyficação = Transformação das variáveis linguísticas de entrada e saída em valores Fuzzy, criação da Função de Pertinencia para cada variavel. Para cada valor das variaveis linguísticas de entrada e de saída atribuímos um valor (associamos um grau de verdade, atribuímos uma Nota) limitado entre 0 e 1 (Função de Pertinência de cada variavel linguística).

(b) Regras Fuzzy = Aplicação dos operadores Fuzzy (se ..ou, se..and) as variaveis linguísticas das condições Antecedentes e o operador da implicação (então) as variáveis linguísticas das condições Consequentes. Na lógica fuzzy os operadores são utilizados para definir o grau máximo (ou) e mínimo (and) de pertinência do conjunto.A aplicação das Regras vai resultar em uma saída individual para cada Regra aplicada.

(c) Agregação/Soma dos resultados da aplicação das regras as variáveis linguísticas das condições Antecedentes e Consequentes, combinando todas as saídas Fuzzy possíveis.

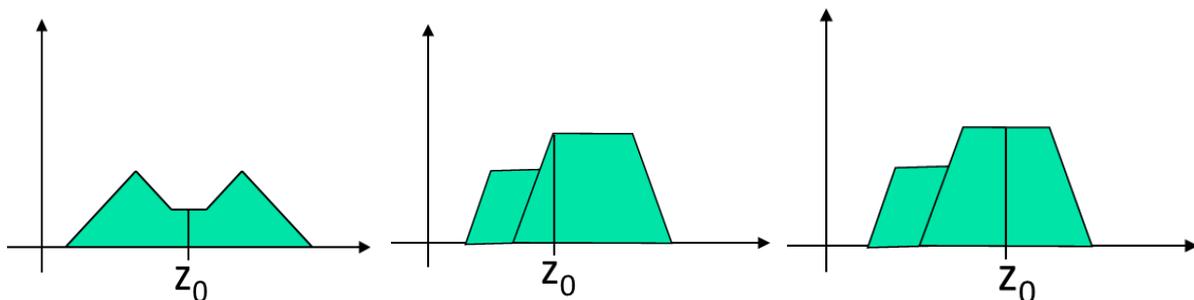
Ocorre a agregação/soma/cominação de todas as saídas resultantes da aplicação de todas as Regras em um único conjunto Fuzzy.

(d) Defuzzyficação = Transformação do resultado fuzzy em um resultado nítido/real. Converte as variáveis Fuzzy em valores numéricos. Dentre os diversos tipos de defuzzyficação, pode-se citar os que apresentam os graficos das figuras abaixo:

Centroide = Quando a saída é o centro de gravidade

Primeiro dos Maximos = Encontra o primeiro ponto que tem maior Grau de Pertinencia

Media dos Maximos = Encontra o ponto medio que tem maior Grau de Pertinencia



## 10. ALGORITMO DE GESTÃO DE ALARMES USANDO LOGICA FUZZY E MATLAB

AL-DMOUR, J.A desenvolveu um sistema de monitoração de pacientes diabéticos em UTI, usando Logica Fuzzy e programa MATLAB, com os parâmetros fisiológicos: frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, saturação de oxigênio e glicose,

COPELLI, A. desenvolveu um sistema de monitoramento remoto de pacientes domiciliares usando Logica Fuzzy e programa MATLAB com os parâmetros fisiológicos: frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e temperatura.

MIRZA, M. B. mostra que os procedimentos decorrentes de parâmetros fisiológicos de aparelhos de anestesia alarmados durante cirurgias, podem ser otimizados por um Algoritmo específico usando Logica Fuzzy e programa MATLAB, com os parâmetros fisiológicos: frequência cardíaca, pressão arterial, pulse volume-plethysmography e CO<sub>2</sub> de expiração.

OTERO et al pondera que o alto índice de alarmes que resultam em “Falsos Positivos” está relacionado com o uso do limiar de um único parâmetro fisiológico, alarmado instantaneamente quando alcança um limite pré-fixado e cita como exemplo duas patologias normalmente monitoradas com parâmetros fisiológicos em UTI, cujos alarmes singelos não identificam satisfatoriamente: a embolia pulmonar e a hipovolemia.

STEVENS. N et al visando superar a limitação de tomar decisões baseadas apenas um único parâmetro fisiológico alarmado, desenvolveu um Algoritmo que procede análise simultânea de 4 parâmetros e estabelece prioridades de atendimento ao paciente.

Os valores dos parâmetros fisiológicos usados no presente Algoritmo de Gestão de Alarmes foram substanciados pela pesquisa de campo que tabulou os alarmes e os valores dos limiares inferiores e superiores prefixados no monitor de dois hospitais públicos nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói e nos estudos dos autores citados acima.

Usando Logica Fuzzy e o programa MATLAB, foi desenvolvido um Algoritmo de Gestão de Alarmes, que analisa simultaneamente os 4 parâmetros fisiológicos mais usados na UTI, objetivando atribuir prioridades aos alarmes para reduzir os falsos ou sem relevância clínica e conseqüentemente diminuir a Fadiga de Alarmes.

### ***10.1 Premissas para Modelagem via Logica Fuzzy***

Para a Modelagem usando Logica Fuzzy foi usado o Modelo Mamdani, Defuzzyficação tipo Centríode com o programa MATLAB cujas instruções de uso se encontram no “Fuzzy Logic Toolbox User Guide”, com Nome do Programa “SmartAlarms.fis”.

Foram usadas 4 (quatro) Variáveis Linguísticas de Entrada e 1 (uma) Variável Linguística de Saída, todas com representação gráfica Trapezoidal.

Está sendo proposta a modelagem inicial de um Algoritmo de Gestão de Alarmes em UTI, usando Logica Fuzzy via programa MATLAB, que objetiva reduzir a Fadiga de Alarmes em UTI pela seleção inteligente das prioridades no atendimento aos alarmes de Monitores Multiparametros. O Algoritmo proposto se propõe a simular o raciocínio dos atendentes da UTI no atendimento ao paciente alarmado.

Os artigos consultados mostraram que a Fadiga de Alarmes em UTIs (que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes) pode ser reduzida por uma gestão otimizada dos alarmes, usando Logica Fuzzy em Algoritmos de Gestão de Alarmes para priorizar o atendimento dos alarmes de Monitores Multiparametricos e outros equipamentos.

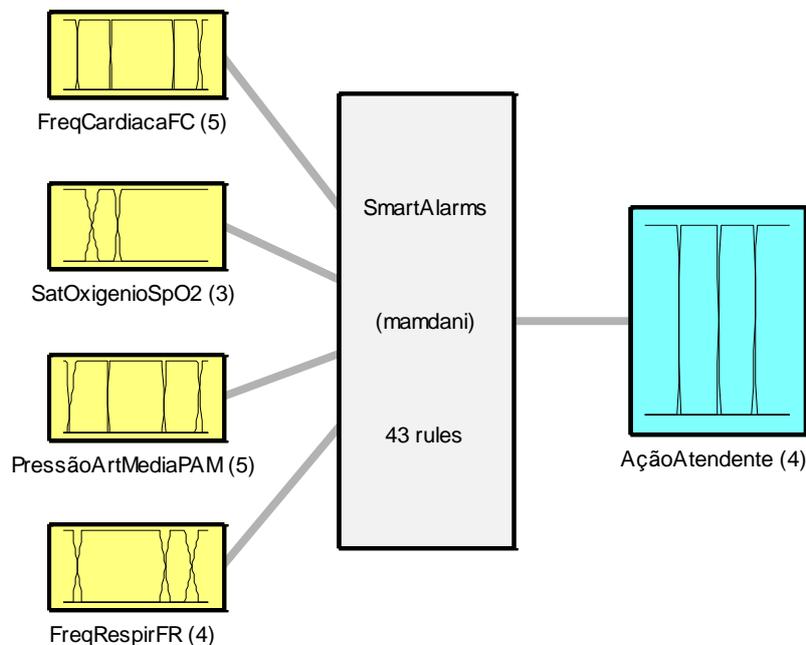
A atribuição de prioridade ao alarme e conseqüente ação junto ao paciente, pode variar pela ponderação/raciocínio dos profissionais da UTI, razão pela qual este estudo apresenta apenas uma proposta inicial de um Algoritmo de Gestão de Alarmes, que no futuro deverá ser filtrado, corrigido e ampliado por extensivas consultas as equipes de saúde da UTI (médicos, enfermeiros, etc) e submetido a testes efetivos de confiabilidade e segurança para o paciente.

O autor OTERO pondera que o alto índice de alarmes que resultam em “Falsos Positivos” está relacionado com o uso do limiar de um único parâmetro fisiológico, alarmado instantaneamente quando alcança um limite pré-fixado e cita como exemplo duas patologias normalmente monitoradas com parâmetros fisiológicos em UTI, cujos alarmes singelos não identificam satisfatoriamente: a embolia pulmonar e a hipovolemia.

Para a Modelagem usando Logica Fuzzy foi usado o Modelo Mamdani, Defuzzyficação tipo Centríode com o programa MATLAB cujas instruções de uso se encontram no “Fuzzy Logic Toolbox User Guide”, com Nome do Programa “SmartAlarms.fis”

Foram usadas 4 (quatro) Variáveis Linguísticas de Entrada e 1 (uma) Variável Linguística de Saída, todas com representação gráfica Trapezoidal.

### 10.2 Diagrama em Blocos



System SmartAlarms: 4 inputs, 1 outputs, 43 rules

### 10.3 Variáveis Linguísticas de Entrada

As Variáveis Linguísticas de Entrada são:

- Frequência Cardíaca FC
- Saturação de Oxigênio SpO2
- Pressão Arterial Media PAM
- Frequência Respiratória FR

#### **10.3.1 - Frequência Cardíaca FC (bpm)**

Em geral os limiares inferior e superior de FC considerados Normais típicos em bpm são: Adulto 50/60 e 120 (Pediátrico 75 e 160, Neonatal 100 e 200).

GROSS B. et al, relata que um simples aumento do limite superior de FC de 120 para 130 bpm reduz em 50% os alarmes falsos ou sem relevância medica, desta forma para alcançar o objetivo de redução da Fadiga de Alarmes, o Algoritmo proposto usa para limiar superior Normal Adulto 130 bpm.

Escala Gráfica Horizontal de 40 a 160 bpm

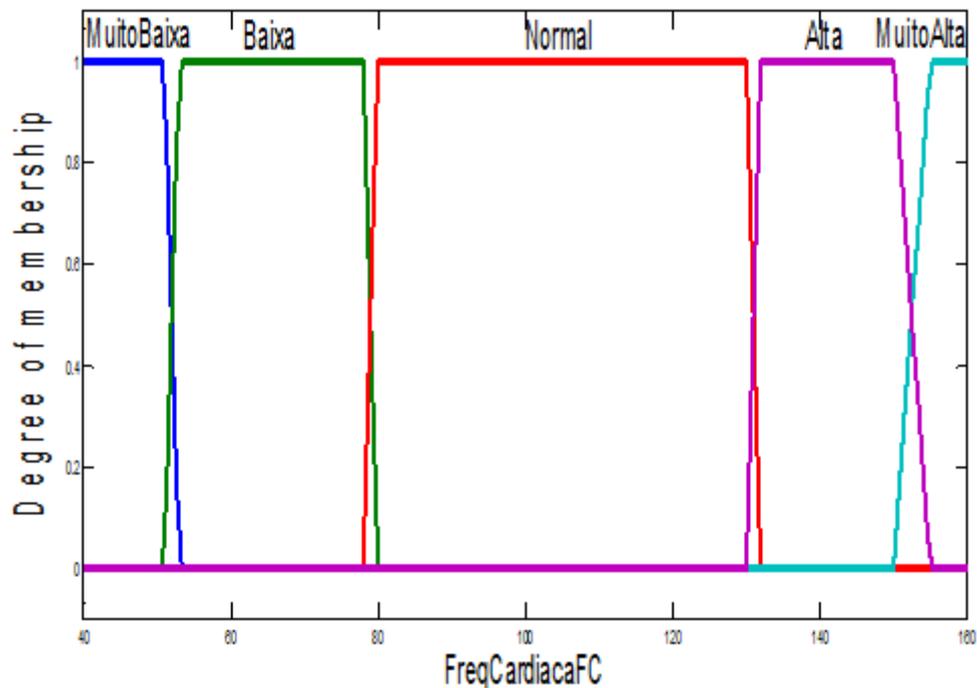
Muito Alta ( $\geq 150$ ) – {150; 155; 160; 165}

Alta (130 a 155) – {130; 132; 150; 155}

Normal (78 a 132) – {78; 80; 130; 132}

Baixa (51 a 80) – {51; 53; 78; 80}

Muito Baixa ( $\leq 53$ ) – {35; 40; 51; 53}



### **10.3.2 - Saturação de Oxigênio SpO2 (%)**

Os Limiares inferior e superior Normais típicos de SpO2 em % nos Monitores são: Adulto 90/96 e 100 (Pediátrico 90 e 100, Neonatal 80 e 95)

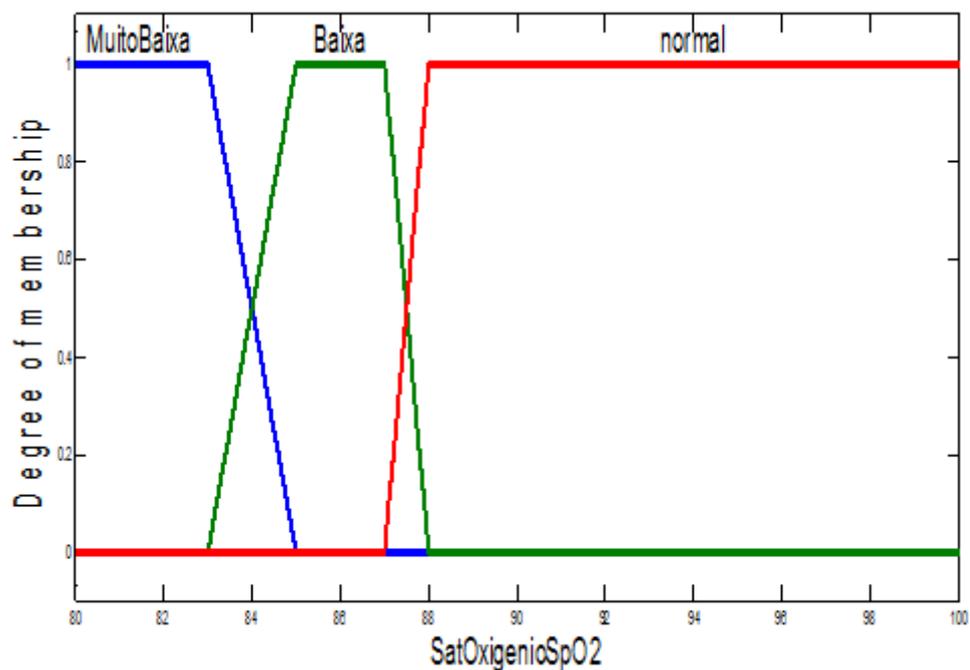
GROSS et al, relata que uma simples redução de 90% para 85% reduz em 36% os alarmes falsos ou sem relevância, desta forma para alcançar o objetivo de redução da Fadiga de Alarmes, será proposto reduzir o limiar inferior Normal Adulto para 85%.

Escala Gráfica Horizontal de 80 a 100 %

Normal (87a 100) – {87; 88; 100; 105}

Baixa (83 a 88) – {83; 85; 87; 88 }

Muito Baixa ( $\leq 85$ ) – {78; 80; 83; 85}



GROSS relata também que uma redução de 90% para 80% no limite inferior do SpO2, reduz em 65% os alarmes falsos ou sem relevância. Para reduzir ainda mais a Fadiga de Alarmes em um refinamento futuro do Algoritmo, pode-se estudar a viabilidade clínica de diminuir o limite inferior do SpO2 para Normal Adulto em 80%.

#### **10.3.4 - Pressão Arterial Média PAM (mmHg)**

Os Limiares inferior e superior Normais típicos de PAM em mmHg nos Monitores são: Adulto 70 e 110 (Pediátrico 50 e 9, Neonatal 35 e 70).

Escala Gráfica Horizontal de 35 a 145 mmHg

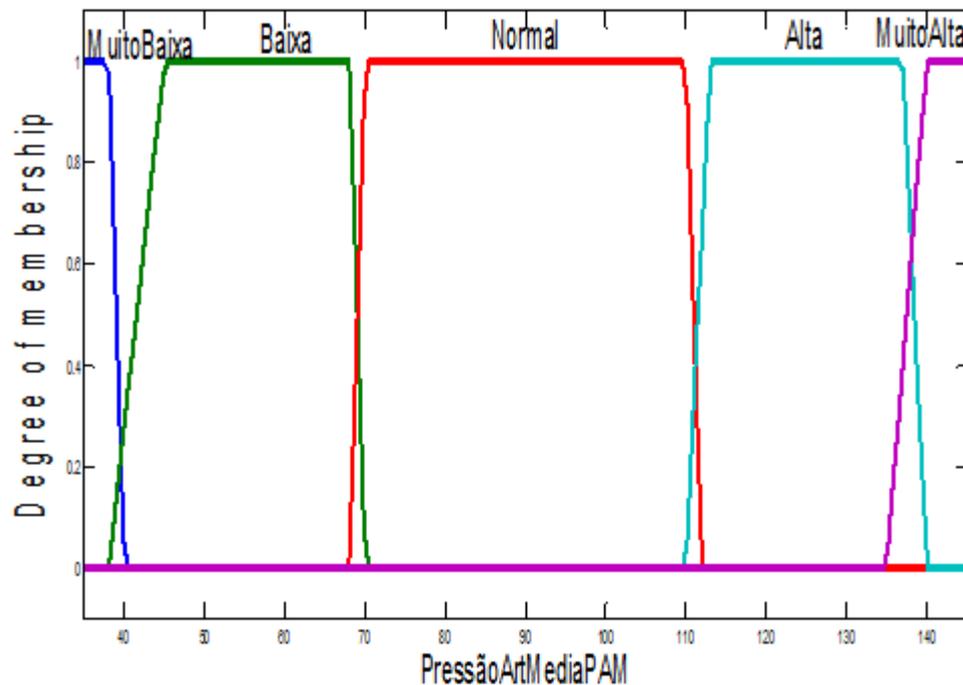
Muito Alta ( $\geq 140$ ) – {135; 140; 145; 150}

Alta (110 a 140) – {110; 113; 137; 140}

Normal (68 a 112) – {68; 70; 110; 112}

Baixa (38 a 70) – {38; 40; 68; 70}

Muito Baixa ( $\leq 40$ ) – {30; 35; 38; 40}



### **10.3.5 - Frequência Respiratória FR (rpm)**

Os Limiares inferior e superior Normais típicos de FR em rpm nos Monitores são:  
 Adulto 8 a 30 (Pediátrico 9 e 30, Neonatal 30 e 100).

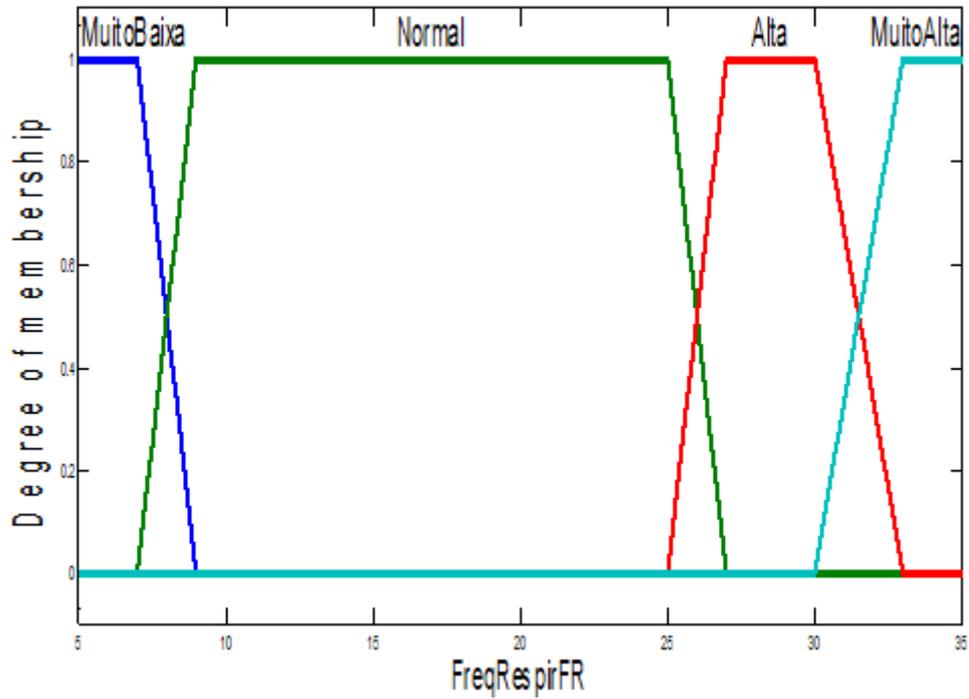
Escala Gráfica Horizontal de 5 a 35 rpm

Muito Alta ( $\geq 30$ ) – {30; 33; 35; 37}

Alta (25 a 30) – {25; 27; 30; 33}

Normal (9 a 25) – {7; 9; 25; 27}

Muito Baixa ( $\leq 9$ ) – {3; 5; 7; 9}



#### *10.4 Variável Linguística de Saída*

##### **10.4.1 - Ação de Atendimento ao Paciente “ Ação da Equipe de Saúde”**

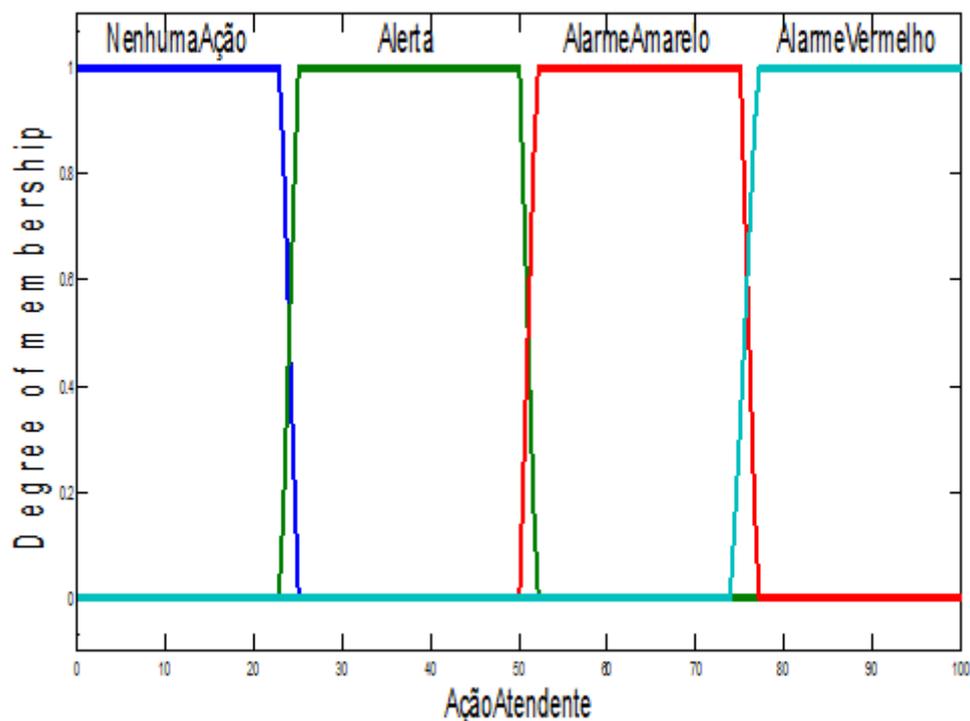
Escala Gráfica Horizontal de 0 a 100%

Nenhuma Ação ( $\leq 25\%$ ) –  $\{-3; 0; 23; 25\}$

Alerta (25 a 50%) –  $\{23; 25; 50; 52\}$

Alarme Amarelo (50 a 75%) –  $\{50; 52; 75; 77\}$

Alarme Vermelho ( $\geq 75\%$ ) –  $\{74; 77; 100; 105\}$



<b>Nenhuma Ação</b>	<b>Alerta</b>	<b>Alarme Amarelo</b>	<b>Alarme Vermelho</b>
<b>0 a 25%</b>	<b>25 a 50%</b>	<b>50 a 75%</b>	<b>75 a 100%</b>

### *10.5 Critérios para as Regras de Inferência*

O sistema é composto de **43** Regras de Inferência que se baseiam nos seguintes critérios operacionais:

- Qualquer parâmetro fisiológico classificado como Muito Baixo ou Muito Alto acarreta um Alarme Vermelho de Prioridade máxima.
- 4 (quatro) parâmetros fisiológicos classificados como Baixos ou Altos ( nenhum Normal) acarreta um Alarme Amarelo
- 3 (três) parâmetros fisiológicos classificados como Baixos ou Altos (sendo o quarto Normal) acarreta apenas um Alerta.
- 1 ou 2 (dois) parâmetros fisiológicos classificados como Baixos ou Altos (os outros dois Normais) não acarreta nenhuma ação do atendente.
- Se todos os parâmetros fisiológicos estão Normais não acarreta nenhuma ação do atendente.

### *10.6 Regras de Inferência 1 a 43 – if ... then (se ... então)*

- 1-Se FC é Muito Alta então resulta em Alarme Vermelho
- 2-Se FC é Muito Baixa então resulta em Alarme Vermelho
- 3-Se SpO2 é Muito Baixa então resulta em Alarme Vermelho

- 4-Se PAM é Muito Alta então resulta em Alarme Vermelho
- 5-Se PAM é Muito Baixa então resulta em Alarme Vermelho
- 6-Se FR é Muito Alta então resulta em Alarme Vermelho
- 7-Se FR é Muito Baixa então resulta em Alarme Vermelho
- 8-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Alta então resulta em Alerta
- 9-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 10-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Alta então nenhuma ação é necessária
- 11-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 12-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Alta então resulta em Alerta
- 13-Se FC é Alta e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 14-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Alta então resulta em alarme Amarelo
- 15-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Normal então resulta em alerta
- 16-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Alta então resulta em Alerta
- 17-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 18-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Alta então resulta em alarme Amarelo
- 19-Se FC é Alta e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Normal então resulta em Alerta
- 20-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Alta então resulta em Alerta
- 21-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 22-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Alta então nenhuma ação é necessária
- 23-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 24-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Alta então resulta em Alerta
- 25-Se FC é Baixa e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 26-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Alta então resulta em alarme Amarelo
- 27-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Normal então resulta em Alerta
- 28-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Alta então resulta em Alerta
- 29-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária
- 30-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Alta então resulta em alarme Amarelo
- 31-Se FC é Baixa e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Normal então resulta em Alerta

32-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Alta então nenhuma ação é necessária

33-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Alta e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

34-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Alta então nenhuma ação é necessária

35-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

36-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Alta então nenhuma ação é necessária

37-Se FC é Normal e SpO2 é Normal e PAM é Baixa e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

38-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Alta então resulta Alerta

39-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Alta e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

40-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Alta então nenhuma ação é necessária

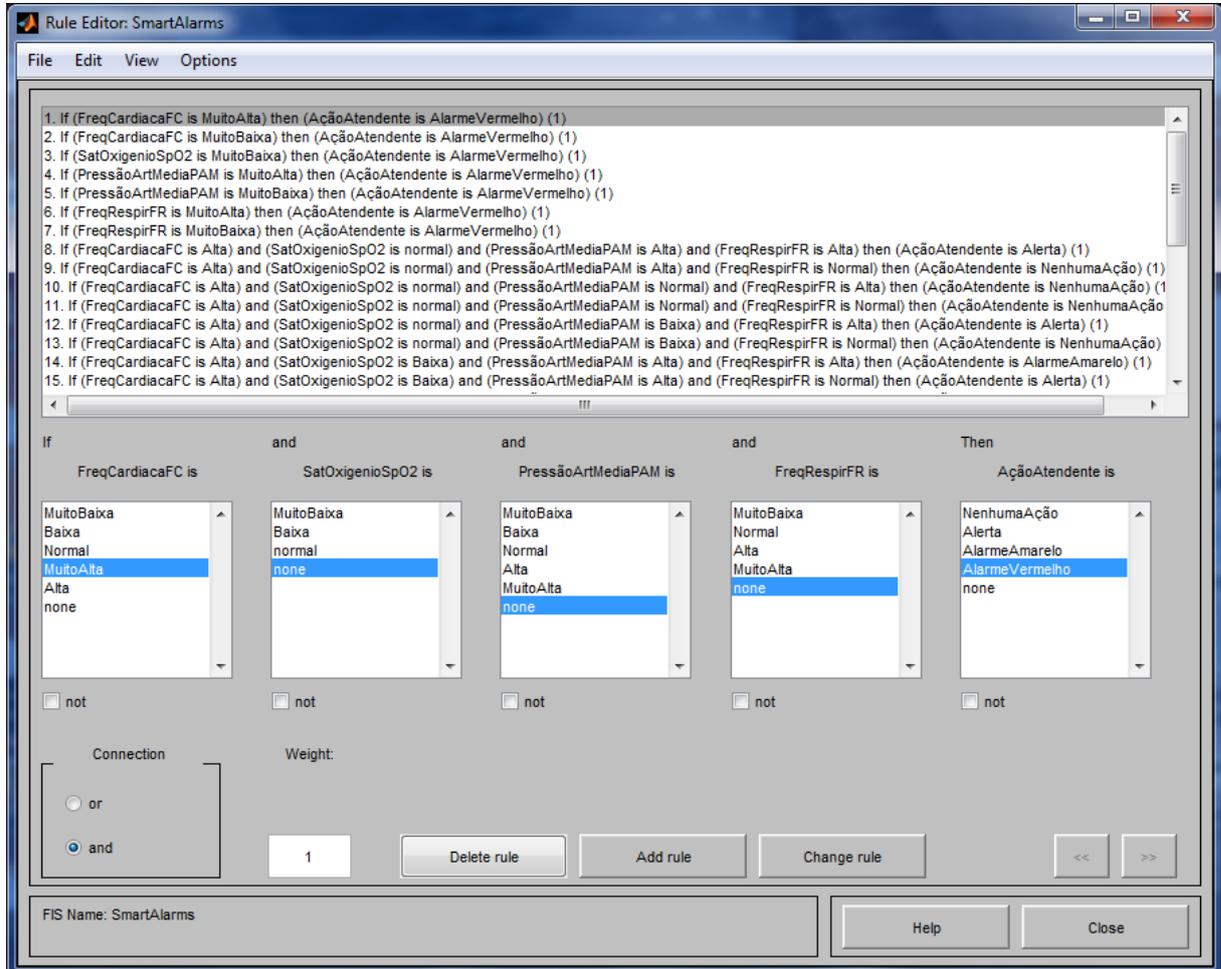
41-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Normal e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

42-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Alta então resulta em Alerta

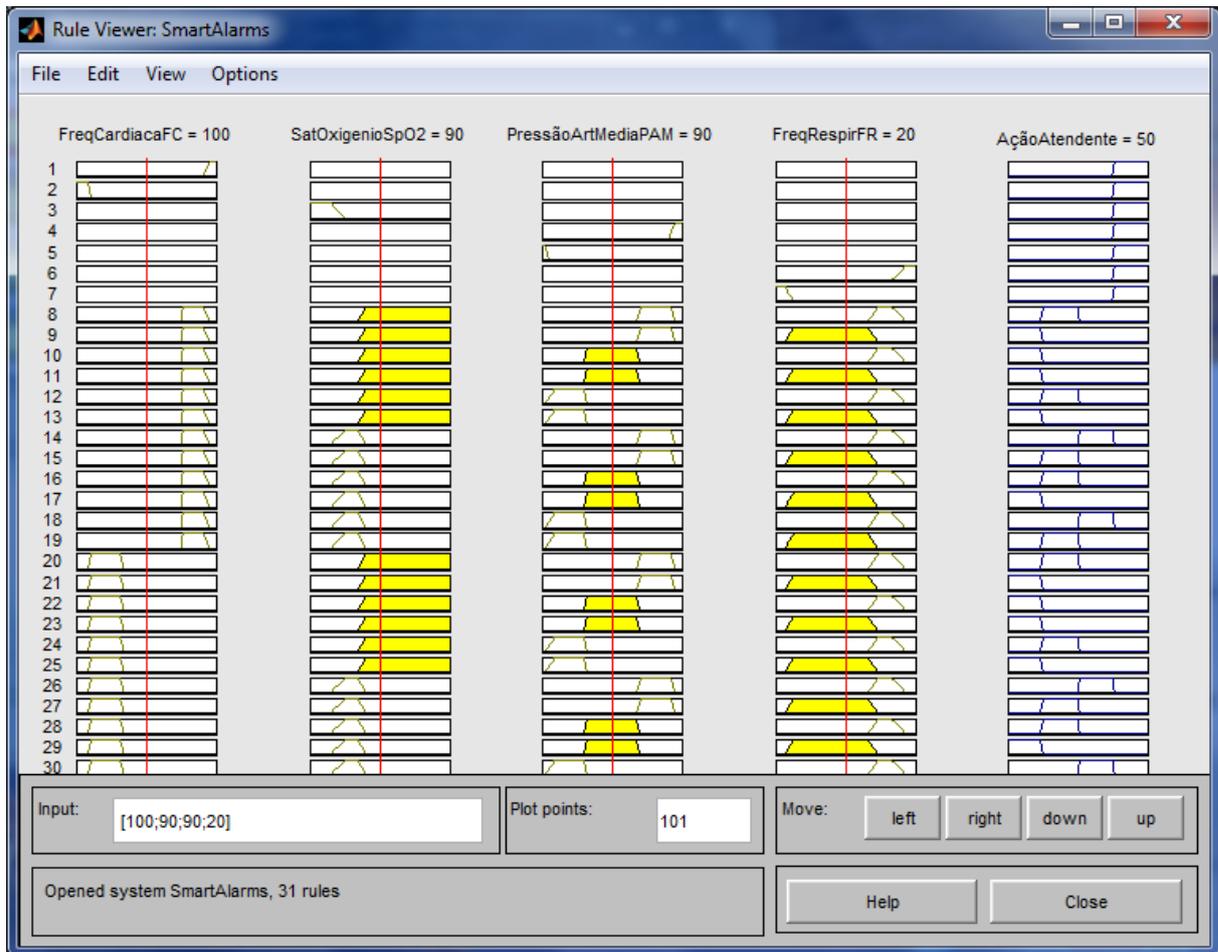
43-Se FC é Normal e SpO2 é Baixa e PAM é Baixa e FR é Normal então nenhuma ação é necessária

## 10.7 Edição das 43 Regras de Inferência – if...then (se ... então)

Regras de Inferência if...then (se Antecedentes ...então Consequente)



### 10.8 Gráfico para Manipulação das 4 Variáveis Linguísticas de Entrada e obtenção do resultado na Variável Linguística de Saída



Arrastando as linhas verticais das Entradas “ FC, SpO2, PAM, FR” ou mudando os dados diretamente no campo Input, interpretando os critérios das Regras de Inferência, obtemos como Resultado a Ação da Equipe de Saúde “AçãoAtendente” .

### 10.9 Resultados Preliminares

Para o teste real e efetivo do Algoritmo de Gestão de Alarmes proposto, é imprescindível que seja instalado no hospital um Sistema Central de Monitoração de Alarmes, sem o qual não há como automatizar a coleta de dados dos alarmes acionados na UTI Adulto.

Um pré-teste inicial do Algoritmo de Gestão de Alarmes, em uma pequena amostra sem representatividade e consistência estatística, realizado pelo pesquisador deslocando-se até o leito alarmado para coleta de dados, mostrou que o Algoritmo tem potencial para obter uma diminuição de alarmes falsos ou sem relevância clínica e desta forma reduzir a Fadiga de Alarmes na UTI.

Uma avaliação detalhada e com maior base de dados, quanto ao conteúdo e confiabilidade do Algoritmo inicial proposto, além da Central de Monitoração de Alarmes, demanda futuros trabalhos de campo na UTI Adulto, que incluem:

- Levantamento da opinião dos atendentes da UTI (médicos, enfermeiros, etc.)
- Tabulação de grande e consistente base de dados que registre o valor do parâmetro fisiológico alarmado e seus limiares pré-fixados no monitor.
- Testes para constatação da taxa de redução dos alarmes e da Fadiga de Alarmes, pelo descarte dos alarmes falsos ou sem relevância clínica.

### ***10.11 Evolução do Algoritmo de Gestão de Alarmes***

São propostas varias “Tarefas” para a evolução e refinamento do Algoritmo de Gestão de Alarmes:

#### **10.11.1 Incluir Pressão Arterial Sistólica e Diastólica**

Ampliar o numero de variáveis fisiológicas incluindo as Pressões Arteriais Sistólica e Diastólica, tomando como referencia as características do Algoritmo usando Logica Fuzzy desenvolvido por AL DMOUR para UTI de pacientes diabéticos.

#### **10.11.2 Incluir a Temperatura**

Ampliar o numero de variáveis fisiológicas incluindo a Temperatura Corporal tomando como referencia as características do Algoritmo usando Logica Fuzzy desenvolvido por COPELLI na Assistência Domiciliar Telemonitorada para monitoração de pacientes em suas residências.

#### **10.11.1 Banco de Dados FizioNet**

FizioNet é um Banco de Dados gratuito que permite importar dados de medições realizadas em diversos estudos clínicos. Os dados importados serão usados para ampliar o Banco de Dados obtidos na UTI do HUGG e possibilitar o uso técnicas de refinamento dos dados para melhorar a Modelagem do Algoritmos.

#### **10.11.3 Geração Artificial de Dados Sintéticos**

Outra possibilidade para aumentar e filtrar o Banco de Dados é a geração de Dados Sintéticos, como citado no método de refinamento dos dados usado por COPELLI, baseado em medições reais de Monitoração Cardíaca-MAPA, que gerou os dados considerando uma distribuição uniforme/normal com erro de precisão de 3%.

#### **10.11.4 Redes Neurais**

Para possibilitar o uso técnicas de filtragem e refinamento dos dados usados na Modelagem de Algoritmos de Gestão de Alarmes via Logica Fuzzy, como por exemplo técnicas de Aprendizado e Treinamento com Redes Neurais do software ANFIS do MATLAB (funções Train, Testes, Clustering), são necessários grandes quantidades de dados dos alarmes, para tanto os do Banco de Dados FizioNet e os Dados Sintéticos gerados serão adicionados aos dados do levantamento de campo das características dos alarmes acionados nos leitos da UTI do HUGG.

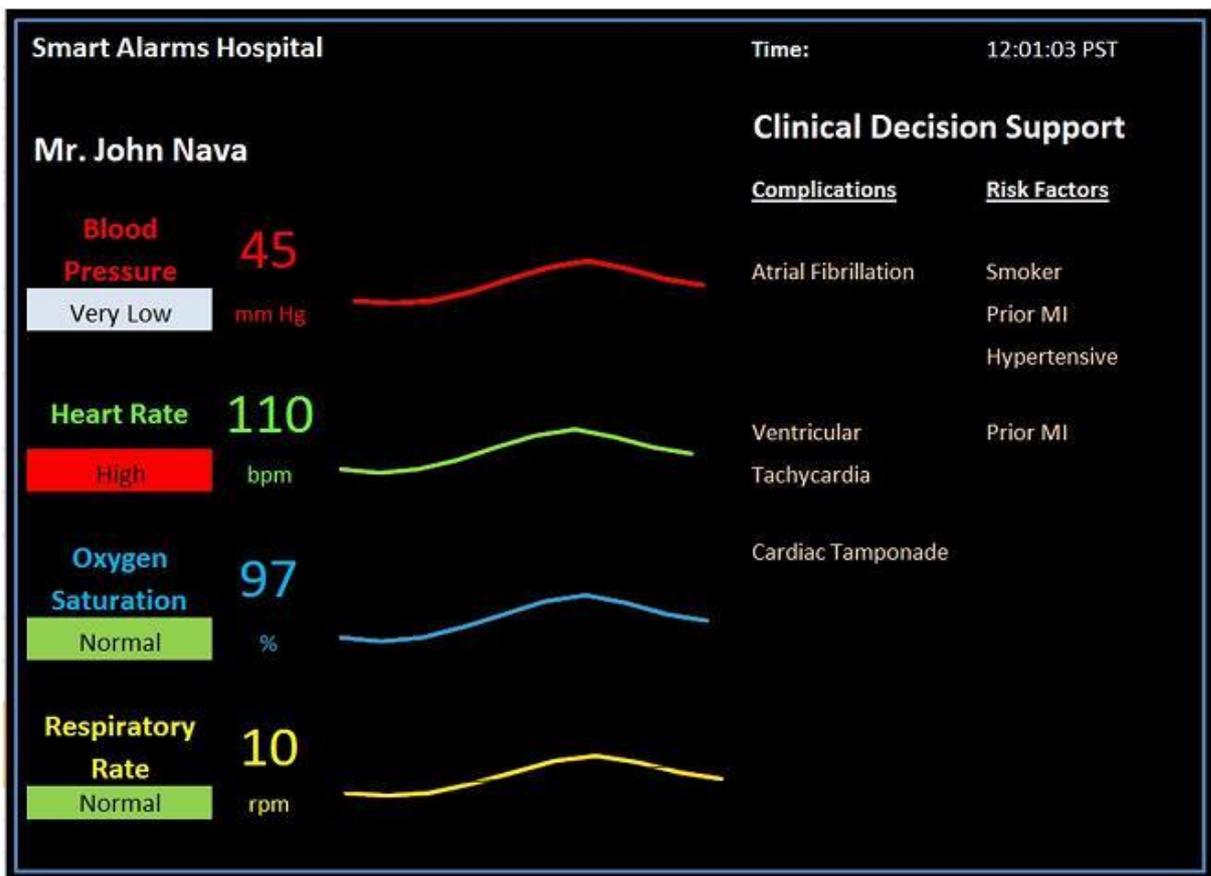
#### **10.11.5 Central de Monitoração de Alarmes**

Padronização e uma única Marca e Modelo de monitor para a UTI do hospital e instalação de uma Central de Monitoração de Alarmes.

#### **10.11.6 Tela de Prioridades de Alarmes com Suporte a Decisões Clínicas**

Elaboração de um programa na linguagem C++, capaz de receber os parâmetros fisiológicos diretamente em tempo real (online) e que apresente na própria tela um Suporte a Decisões Clínicas obtidas através dos dados cadastrais do paciente, informando quanto a: Possíveis complicações do estado de saúde como : assistolia, taquicardia, braquicardia, apneia, etc e Fatores de Risco como: idade, fumante, hipertenso, diabético, etc.

A tela abaixo apresenta o Algoritmo “Smart Alarm”, desenvolvido por STEVENS et al, que usa Logica Fuzzy para atribuir 5 níveis de prioridades aos alarmes de 4 parâmetros fisiológicos (FC, SpO2, PAM e FR), incluindo informações sobre Fatores de Risco e Possíveis Complicações do estado de saúde do paciente acamado.



#### **10.11.7 Algoritmo baseado na análise da Trend**

OTERO apresenta um importante aperfeiçoamento para solução da fadiga de alarmes desenvolvendo um Algoritmo de Gestão de Alarmes baseado na Logica Fuzzy, onde a prioridade do alarme é obtida a partir da análise da trend/evolução dos parâmetros fisiológicos “multivariable fuzzy temporal profile model (MFTP)”

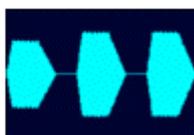
#### **10.11.8 Identificação da urgência dos alarmes por diferentes tons sonoros**

Padronização dos sons dos alarmes em função do nível de criticidade do estado de saúde do paciente, diferenciado pela prioridade da necessidade de atendimento.

O programa a ser desenvolvido deverá ter o som dos alarmes transmitindo o sentido de urgência e atender recomendação IEC 60601-1-8 “*Patterson and other alarms in medical equipment Sample Alarm Sounds - Sirens, buzzers and other sounds*”, por exemplo:



(a) high priority



(b) medium priority

## 11.CONCLUSÕES

Os dados obtidos na pesquisa de campo sobre alarmes de monitores multiparamétricos de UTI Adulto em dois hospitais, mostraram um alto índice de Alarmes Técnicos (defeitos em cabos, acessórios, equipamento, etc), evidenciando grave falha na manutenção Preventiva e Corretiva.

Outro aspecto que chama atenção é o uso persistente dos mesmos limiares prefixados nos monitores, quando o recomendado é que os limiares sejam mudados frequentemente em função da evolução do estado de saúde do paciente e/ou adequado as características específicas de sua patologia.

O Algoritmo “de Gestão de Alarmes usando Logica Fuzzy (Logica Nebulosa) mostrou que se adapta facilmente para simular o tipo de raciocínio da equipe de saúde da UTI na avaliação da prioridade de atendimento ao paciente alarmado.

O programa MATLAB se mostrou particularmente indicado para a modelagem do Algoritmo proposto, pela facilidade de introdução e manipulação de parâmetros fisiológicos, mudar os valores dos limiares diretamente nos gráficos e testar resultados.

Com o MATLAB será extremamente fácil introduzir quaisquer futuras modificações ao Algoritmo proposto atendendo a sugestões dos atendentes da UTI ou para sua adequação a um a melhor desempenho.

Para a realização do teste real e efetivo do Algoritmo de gestão de Alarmes na UTI do HUGG está sendo padronizada uma único modelo/marca de monitor multiparamétrico e está sendo comprada uma Central de Monitoração de Alarmes.

## 12. TRABALHOS DESENVOLVIDOS PELO MESTRANDO

O mestrando durante todo o processo de Geração de Produto Acadêmico apresentou ao coordenador vários trabalhos escritos, que são resultado dos estudos desenvolvidos durante o período de mestrado, a saber:

### **REVISÃO INTEGRATIVA com 26 paginas e título:**

#### **LOGICA FUZZY: UN ENFOQUE SIMPLES**

**Objetivo:** buscar publicações na literatura, que permitam apresentar uma abordagem simples da Logica Fuzzy, para servir como base no desenvolvimento de um Algoritmo “Smart Alarms” que permita reduzir a quantidade de alarmes em UTI (Unidade de Terapia Intensiva). **Método:** revisão integrativa de literatura com artigos publicados em português ou inglês, com o descritor “Fuzzy Logic”. Foram selecionados artigos com uma abordagem simples da Logica Fuzzy, que possibilitaram a transcrição de trechos, conteúdos, exemplos e gráficos formando um conjunto esclarecedor para o conhecimento básico do tema. **Resultados:** a amostra final que permitiu a transcrição de partes dos artigos, foi constituída por quatro artigos, três em língua portuguesa e um em inglês. Os artigos em português mostram a Logica Fuzzy como um mecanismo de modelagem que se adapta facilmente ao raciocínio humano na tomada de decisões. O artigo em inglês mostra uma aplicação da Logica Fuzzy no desenvolvimento de um Algoritmo “Smart Alarm” para atenuar a Fadiga de Alarmes em UTIs, atribuindo prioridades aos alarmes. **Conclusão:** a abordagem simplificada da Logica Fuzzy permitiu entrever que sua aplicação pode ser eficiente na redução de alarmes em UTIs pelo desenvolvimento de um Algoritmo específico. **Descritores:** Logica Fuzzy; Abordagem Simples; Fadiga de Alarmes.

### **REVISÃO INTEGRATIVA com 181 paginas e título:**

#### **CARACTERISTICAS DOS MONITORES MULTIPARAMETROS E 10 MEDIDAS PARA REDUZIR A FADIGA DE ALARMES**

**Objetivo:** Propor soluções para o fenômeno Fadiga de Alarmes em Unidades de Terapia Intensiva-UTI, causado pela grande quantidade de alarmes de monitores multiparametricos, que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes.

**Método:** método do trabalho de campo será qualitativo e a pesquisa do tipo observacional transversal. A pesquisa descritiva vai possibilitar estabelecer relações entre variáveis e propor a abordagem de soluções, que se adaptam ao objetivo de redução da Fadiga de Alarmes em UTI **Resultados:** O estudo propõe 10 possíveis abordagens para redução de alarmes de monitores em UTI. As medidas de âmbito administrativo, as especificações para compra de monitores inteligentes e uma central de monitoração, serão apresentadas a direção do HUGG. As sugestões que envolvem procedimentos na UTI serão discutidas com os atendentes da UTI. O algoritmo “Smart Alarms” será testado pela tabulação de maior quantidade de dados após a instalação da Central de Monitoração de Alarmes. **Conclusão:** o estudo proposto mostrou ser possível equacionar varias abordagens para redução da quantidade de alarmes falsos ou sem relevância clinica em UTI e conseqüentemente atenuar a Fadiga de Alarmes, pela implantação de múltiplas medidas e procedimentos que envolvem: novas tecnologias de equipamentos, treinamento dos atendentes, algoritmos de gestão de alarmes, manutenções corretivas e outros. **Palavras Chave:** Fadiga e Alarmes; Gestão de Alarmes em UTI, Monitores Multiparametricos.

**QUALIFICAÇÃO de 23 paginas e título:**  
**LOGICA FUZZY NA GESTÃO DE ALARMES EM UTI**

**Objetivo:** Propor um Algoritmo “Smart Alarms” usando Logica Fuzzy e o programa MATLAB, que objetiva a redução da Fadiga de Alarmes em UTI, pela seleção inteligente das prioridades no atendimento aos alarmes de Monitores Multiparametros. A gestão inteligente dos alarmes visa evitar o problema da Fadiga de Alarmes, que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes em UTI. **Método:** quantitativa, com pesquisa observacional descritiva. **Resultados:** O estudo mostra que a modelagem pela Logica Fuzzy consegue emular o raciocínio humano dos profissionais de saúde da UTI na tomada de decisões de atendimento a pacientes alarmados. **Conclusão:** a Logica Fuzzy poderá ser eficiente na gestão de parâmetros fisiológicos alarmados em UTI, pelo uso de Algoritmos “Smart Alarms” ponderando sobre a prioridade de atendimento ao paciente. **Palavras Chave:** Logica Fuzzy; Smart Alarms; Fadiga de Alarmes.

## 1º ARTIGO com 27 paginas e titulo:

### GESTÃO DE ALARMES DE MONITORES MULTIPANETROS

**Objetivo:** Propor uma gestão de alarmes de Monitores Multiparametros em UTIs capaz de otimizar o atendimento aos pacientes e reduzir a solução de problemas técnicos. A gestão de alarmes busca diferenciar os alarmes do estado clinico do paciente dos alarmes técnicos, de modo a melhor direcionar subsequentes medidas e procedimentos. O estudo propõe 8 (oito) possíveis abordagens para redução do fenômeno Fadiga de Alarmes em Unidades de Terapia Intensiva-UTIs, causado pela grande quantidade de alarmes de monitores multiparametros, que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes. **Método:** Estudo descritivo-observacional com abordagem quanti-qualitativa, com amostragem de conveniência e não probabilística. A pesquisa descritiva vai possibilitar estabelecer relações entre variáveis e propor a abordagem de soluções, que se adaptam ao objetivo de redução da Fadiga de Alarmes em UTI. **Resultados:** As medidas de âmbito administrativo, as especificações para compra de monitores inteligentes e uma central de monitoração, serão apresentadas a direção do HUGG. As sugestões que envolvem procedimentos na UTI serão apresentadas a direção do HUGG. As sugestões que envolvem procedimentos na UTI serão discutidas com os atendentes da UTI discutidas com os atendentes da UTI. **Conclusão:** A gestão de alarmes proposta poderá ser uma ferramenta eficiente na otimização do atendimento aos pacientes internados em UTIs. O estudo proposto mostrou ser possível equacionar varias abordagens para redução da quantidade de alarmes falsos ou sem relevância clinica em UTI e conseqüentemente atenuar a Fadiga de Alarmes, pela implantação de múltiplas medidas e procedimentos que envolvem: novas tecnologias de equipamentos, treinamento dos atendentes, algoritmos de gestão de alarmes, manutenções corretivas e outros. **Palavras Chave:** UTIs, Alarmes de Monitores Multiparametros, Gestão de Alarmes.

### **2ºARTIGO apresentado a Banca Julgadora com ?? paginas e titulo** **ALGORITMO “SMART ALARMS” NA GESTÃO DE ALARMES** **EM UTI**

**Objetivo:** Propor um Algoritmo “Smart Alarms” a partir da Logica Fuzzy, capaz de reduzir a Fadiga de Alarmes em UTIs, usando a seleção inteligente da prioridade no atendimento aos alarmes de Monitores Multiparametros. A gestão inteligente dos alarmes visa evitar o problema da Fadiga de Alarmes, que leva a ignorar, silenciar ou retardar o atendimento aos pacientes em UTIs. **Método:** quanti-qualitativa, com pesquisa observacional descritiva. **Resultados:** O Algoritmo “Smart Alarms”, usando Logica Fuzzy, consegue emular o raciocínio humano dos profissionais de saúde da UTI e estabelecer prioridades na tomada de decisões de atendimento a pacientes alarmados.

**Conclusão:** O Algoritmo proposto poderá ser uma ferramenta eficiente na redução do fenômeno da Fadiga de Alarmes observado em UTI. **Palavras Chave:** Logica Fuzzy; Smart Alarms; Fadiga de Alarmes.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AL-DMOUR, J.A. *Fuzzy Logic Based Patient's monitoring system*. American University of Sharjah.

[COPELLI , A. Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada. Tese de Doutorado da Universidade Federal Fluminense.2010](#)

[CROSS, B.;](#) DAHL, D.; NIELSEN, L. *Physiologic Monitoring Alarm Load on Medical/Surgical Floors of a Community Hospital*.

CVACH, M.M.; CURRIE, A.; SAPERSTEIN. A.; DOYLE, P.A.; PRONOVOST, P. *Managing clinical alarms: Using data to drive change*

GRAHAM, K. C.; CVACH, M. *Monitor Alarm Fatigue: Standardizing Use of Physiological Monitors and Decreasing Nuisance Alarms*. American Journal of Critical Care vol 19, nº 1 January 2010 p 28-37

MARRO, A.A.; SOUZA, C. A. M.; CAVALCANTE, E. R. S.; BEZERRA, S. G.; NUNES, O. R. *Lógica Fuzzy: Conceitos e Aplicações. Departamento de Informática e Matemática Aplicada*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) Natal, RN, Brasil.

[http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto\\_fuzzy.pdf](http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto_fuzzy.pdf)

MIRZA, M. B. *Smart Monitoring Systems for Alert Generation During Anaesthesia*. Auckland University of Technology.

OTERO, A.; FELIX, P.; BARRO, S.; PALACIOS, F. *Addressing the flaws of current critical alarms: a fuzzy constraint satisfaction approach*. Artificial Intelligence in Medicine, 47(3):219 – 238, 2009.

SANTOS, F.; SILVA, L, R,C.; FERRÃO S. A. P.; RIBEIRO, S. A.; PASSAMANI, F. R. *Alarms Fatigue of Electro-Medical Equipment in Intensive Care*. Journal of Nursing-UFPE

<http://www.revista.ufpe.br/revistaenfermagem/index.php/revista/article/view/5650/pdf/4745>

STEVENS. N.; GIANNAREAS, A. R.; KERN,V.; VIESCA, A. T.; *Smart Alarms: Multivariate Medical Alarm Integration for Post CABG Surgery Patients*. University of Pennsylvania.

TANSCHKEIT, R. *Lógica Fuzzy Raciocínio Aproximado e Mecanismos de Inferência*. PUCRio

[http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-artigo\\_logicafuzzy.pdf](http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-artigo_logicafuzzy.pdf)