



Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Dissertação de mestrado

**Modelagem Computacional do
Grau de Comprometimento pelo Fibro Edema Gelóide (Celulite)
utilizando Sistema de Inferência *Fuzzy***

Apresentada por: Carina Oliveira dos Santos

Orientador: Dr. Marcone Lopes da Silva

Outubro de 2009

Carina Oliveira dos Santos

**Modelagem Computacional do
Grau de Comprometimento pelo Fibro Edema Gelóide (Celulite)
utilizando Sistema de Inferência *Fuzzy***

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.**

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Dr. Marccone Lopes da Silva
SENAI CIMATEC

Salvador
SENAI CIMATEC
2009

S237m

Santos, Carina Oliveira dos.

Modelagem computacional do grau de comprometimento pelo fibro edema gelóide (celulite) utilizando o sistema de inferência fuzzy. / Carina Oliveira dos Santos. 2009.

134f.; il.; color.

Orientador: Prof^o Dr^o Marccone Lopes da Silva.

Dissertação - Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC, Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, 2009.

1. Modelagem - Simulação. 2. Lógica fuzzy. 3. Fibro edema gelóide. 4. Celulite - Modelagem e simulação I. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC. II. Silva, Marccone Lopes da. III. Título.

CDD: 620.00113

Nota sobre o estilo do PPGMCTI

Esta dissertação de mestrado foi elaborada considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (download na página do programa), solicitação via e-mail à secretaria do programa e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

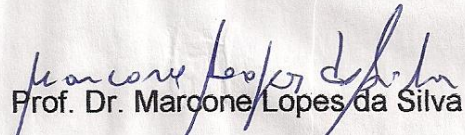
SENAI CIMATEC

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

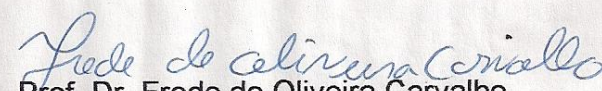
Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprovou a Dissertação de Mestrado, intitulada "Modelagem computacional do grau de comprometimento pelo Fibro Edema Gelóide (Celulite) utilizando sistema de inferência *fuzzy*", apresentada no dia 16 de outubro de 2009, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

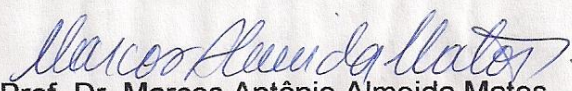
Orientador:


Prof. Dr. Marcone Lopes da Silva
SENAI CIMATEC


Membro externo da banca:


Prof. Dr. Frede de Oliveira Carvalho
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Membro externo da banca:


Prof. Dr. Marcos Antônio Almeida Matos
Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública - EBMSP

Membro interno da banca:


Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves
SENAI CIMATEC

Dedico este trabalho a minha família.

Agradecimentos

A Deus;

A minha família;

Ao meu Amado;

Ao meu orientador;

Aos professores do mestrado, em especial a Marcelo Moret, um grande incentivador;

Aos meus amigos fisioterapeutas Vilma Natividade, Fábio Borges, Rachel Trinchão,

Andressa Araújo, Patrícia Caroline e Maria Idália Machado;

Aos meus amigos que torceram por mais uma conquista e aos amigos que me incentivaram nessa jornada;

Aos meus alunos pela contribuição com o trabalho;

Ao amigo professor Cauby Filho;

Aos colegas, professores e funcionários da Fundação Visconde de Cairu;

A coordenação de fisioterapia da FTC, a Jorge Beck e Cristiane Cavalcanti;

Aos funcionários das bibliotecas da FTC, Bahiana e do SENAI/CIMATEC.

Acreditar que é possível faz toda a diferença.

Resumo

O presente trabalho apresenta um modelo computacional desenvolvido através do sistema de inferência *fuzzy* para identificar o grau de comprometimento pelo Fibro Edema Gelóide ou celulite. Através do modelo procurou-se estabelecer a relação entre os fatores etiopatogênicos para caracterizar a disfunção estética que atualmente e baseada em graus e considera principalmente a apresentação estética da pele diante da avaliação clínica. A relação entre os fatores etiopatogênicos do FEG foi analisada por meio da metodologia *fuzzy*, agregando fatores etiopatogênicos para a afecção (de entrada) e grau de comprometimento pelo FEG (de saída), em grupos de regras conforme determinação de especialista. A validação do modelo foi realizada através de simulações procurando identificar o comportamento e a sensibilidade do modelo mediante a comparação com fichas de avaliação de indivíduos com FEG classificados por um especialista. Como resultados após a validação obteve-se um modelo que relacionou os fatores etiopatogênicos na identificação do grau de comprometimento pelo FEG. O mesmo obteve melhor comportamento quando comparado com a classificação do FEG para os graus um e dois dada pelo especialista na ficha de avaliação e se apresentou sensível quando submetido a simulações com a variável de entrada história atual da ficha de avaliação. Após as análises pôde-se perceber que existiu concordância entre a variável de saída do modelo (FEG *fuzzy*) e o grau do FEG atribuído pelo especialista na ficha de avaliação para a maior parte dos dados. Além disto, por ser um modelo sensível à história atual, as mudanças de comportamentos que possam modificar o grau de comprometimento pelo FEG podem ser mensuradas quantitativamente. Sendo assim, o modelo pode ser utilizado como instrumento de apoio à classificação do FEG para essa população, podendo ser ampliado para outras populações.

Palavras-chave: *Lógica Fuzzy*. Fibro Edema Gelóide. Celulite. Modelagem e Simulação

Abstract

This paper presents a computational model developed by the fuzzy inference system to identify the degree of involvement by Fibro Edema Geloide or cellulitis. The model sought to establish the relationship between the pathogenetic factors to characterize the dysfunction that currently and aesthetics based on degrees and especially considers the aesthetic presentation of the skin before the clinical evaluation. The relationship between the etiopathogenetic factors of the FEG were analyzed using the fuzzy methodology, adding etiopathogenetic factors for the condition (input) and degree of FEG (output), in groups of rules as determined by expert. The model validation was performed through simulations trying to identify the behavior and sensitivity of the model by comparing them with tokens of appreciation to individuals with FEG classified by an expert. The results obtained after the validation is a model that related the etiopathogenetic factors in identifying the degree of involvement by the FEG. The same obtained better performance when compared with the classification of FEG for grades one and two by the expert in the evaluation sheet and performed sensitive when subjected to simulations with varying input current history of the evaluation form. After the analysis it was noticed that there was agreement between output variable of model (fuzzy FEG), and FEG level assigned by the expert in the evaluation form for most of the data. Besides this, a model to be sensitive to the current story, the behavioral changes that can modify the degree of commitment from the fund can be measured quantitatively. Thus, the model can be used as a tool to support the classification of FEG to this population and can be extended to other populations.

Keywords: Fuzzy Logic. Fibro Edema Geloide. Cellulite. Modeling e Simulation

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Definições do problema	1
1.2	Motivação e objetivos	3
1.3	Limitações.....	5
1.4	organização da dissertação de mestrado	5
2.	A lógica fuzzy	7
2.1	Introdução.....	7
2.2	Histórico sobre a lógica <i>fuzzy</i> e sua aplicação na área de saúde.....	8
2.3	O conjunto <i>fuzzy</i>	13
2.3.1	Propriedades dos conjuntos <i>Fuzzy</i>	17
2.3.2	Operações com conjuntos <i>Fuzzy</i>	18
2.3.2.1	Complemento	19
2.3.2.2	União	19
2.3.2.3	Intersecção	19
2.3.2.4	Conteúdo	20
2.3.3	As funções de pertinência.....	20
2.3.4	Os tipos de variáveis	23
2.3.4.1	As variáveis lingüísticas no sistema de inferência <i>fuzzy</i>	25
2.3.4.2	A escala de Likert	27
2.3.4.3	Tipos de variáveis para o FEG (Fibro Edema Gelóide) ou celulite	29
2.3.5	Procedimento de inferência – regras <i>Fuzzy</i>	32
2.3.6	<i>Defuzzificação</i>	38
3.	O Fibro Edema Gelóide (celulite)	42
3.1	Introdução.....	42

3.2.	Nomenclatura, definição, incidência e localização da celulite.	44
3.2.1	Nomenclatura da celulite	44
3.2.2	Definição incidência e localização da celulite	45
3.3	Etiopatogenia.....	47
3.3.1	Fatores Predisponentes.....	47
3.3.2	Fatores Determinantes ou Agravantes	48
3.3.3	Fatores Condicionantes.....	50
3.4.	Classificação do FEG	54
3.4.1	Classificação do FEG quanto ao aspecto do tecido	56
3.4.2	Classificação do FEG quanto aos graus.....	57
3.4.2.1	Classificação do FEG quanto aos graus, fases e grupos associada a exames complementares.....	59
3.4.3	Classificação do FEG quanto às formas clínicas.....	62
3.4.4	Exames complementares para a Classificação do FEG	63
4.	Metodologia.....	68
4.1	Introdução.....	68
4.2	Instrumentos utilizados	69
4.2.1	A ficha de avaliação	69
4.2.1.1	Desenvolvimento e validade da ficha de avaliação.	69
4.2.1.2	Conteúdo da ficha de avaliação.....	70
4.2.1.3	Formato das respostas aos questionamentos	71
4.2.2	Modelo computacional baseado no sistema de inferência <i>fuzzy</i>	73
4.2.2.1	Desenvolvimento e conteúdo do modelo computacional baseado no sistema de inferência <i>fuzzy</i>	73
4.3	Avaliação do comportamento do modelo.....	78
4.3.1	Instrumento de avaliação do comportamento do modelo.	78
4.3.2	Seleção das fichas para avaliação do comportamento do modelo	79
4.3.3	Tabulação e tratamento dos dados	79
4.3.4	Simulações para avaliação do comportamento do modelo.....	80

5.	Resultados e discussões da Modelagem <i>Fuzzy</i> do FEG.....	84
5.1	Análise experimental/simulações e cenários	84
5.1.1	Estruturação do modelo e escolha da função de pertinência	85
5.1.2	Graus de comprometimento pelo FEG após simulação do modelo	89
5.1.3	Sensibilidade do modelo quando submetido a mudanças na variável de entrada HA.	90
5.2	Avaliação do comportamento do modelo	92
5.2.1	Caracterização da População.....	93
5.2.2	Análise do Índice de Massa Corpórea	94
5.2.3	Comportamento do modelo para os diferentes Graus de FEG fornecidos pelo especialista (GFE).....	96
5.2.4	Simulação do modelo com os Testes Clínicos (TC)	99
5.2.5	Sensibilidade do modelo quando submetido a mudanças na variável de entrada HA da ficha de avaliação.....	101
5.2.6	Sensibilidade do FEG <i>fuzzy</i> à interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG	103
6.	Considerações finais e perspectivas	106
6.1	Atividades Futuras de Pesquisa	109
	Referências	111
	Apêndices.....	119
	Anexos	133

Lista de Tabelas

Tabela 3.1	Índice de Massa Corporal e relação com a obesidade.....	64
Tabela 5.1	Escolha do tipo de função comparando com GFE	86
Tabela 5.2	Alguns dados da ficha de avaliação, grau FEG <i>fuzzy</i> para as funções triangular, gaussiana e grau FEG do especialista	87
Tabela 5.3	Caracterização da população.....	94
Tabela 5.4	IMC da população	94
Tabela 5.5	Mesma classificação IMC com classificação GFF e GFE diferentes	96
Tabela 5.6	Comportamento do modelo com GFE 3.....	99
Tabela 5.7	Coerência do GFF com GFE e GFFTC com GFE	100
Tabela 5.8	Sensibilidade do FEG <i>fuzzy</i> à interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG.....	104

Listas de Figuras e Quadro

Figura 2.1	Função do conjunto tradicional adolescente	14
Figura 2.2	Função trapezoidal do conjunto <i>fuzzy</i> adolescente.....	16
Figura 2.3	Conjunto difuso pequeno, médio e grande.....	16
Figura 2.4	Operações com conjuntos clássicos	18
Figura 2.5	Operações com conjuntos <i>fuzzy</i>	18
Figura 2.6	Operação união.....	19
Figura 2.7	Operação intersecção	19
Figura 2.8	Representação da função triangular	21
Figura 2.9	Representação da função gaussiana	22
Figura 2.10	Representação da função trapezoidal.....	22
Figura 2.11	Representação do Grupo “FEG em torno de grau 3”	24
Figura 2.12	Função trapezoidal de conjunto fuzzy de indivíduo e suas variáveis linguísticas	26
Figura 2.13	Função trapezoidal de conjunto <i>fuzzy</i> de indivíduos adolescentes (representação de indivíduo com 10,5 anos).	27
Figura 2.14	Procedimento de inferência <i>fuzzy</i> com operador min e função trapezoidal.....	33
Figura 2.15	Procedimento de inferência <i>fuzzy</i> com operador max e função trapezoidal.....	35
Figura 2.16	Regras de produção <i>fuzzy</i> e Modelo Mamdani.	37
Figura 2.17	Regras de produção <i>fuzzy</i> e Modelo Takagi e Sugeno.....	37
Figura 2.18	Regras de produção <i>fuzzy</i> e Modelo Mamdani com <i>defuzzificação</i>	39
Figura: 2.19	Sistema de inferência <i>fuzzy</i>	41
Figura 4.1	Relação entre a variável de entrada qualitativa e sua associação com grau do FEG	72

Figura 4.2	Conjuntos <i>fuzzy</i> , variáveis lingüísticas e valores <i>fuzzy</i> para função de pertinência triangular	76
Figura 4.3	Fluxograma metodológico	83
Figura 5.1	Comparação do FEG <i>fuzzy</i> das funções de pertinência triangular (GFFT) e gaussiana (GFFT) do modelo com classificação FEG do especialista (GFE).	88
Figura 5.2	Comportamento de HA com fixação de valores (entre 2 e 4) para AP e DT.....	91
Figura 5.3	Relação GFF e GFE para a classificação do FEG em graus (1 a 4).....	97
Figura 5.4	Coerência do GFF com GFE e GFFTC com GFE de alguns códigos da ficha de avaliação	101
Figura 5.5	Comportamento do FEG <i>fuzzy</i> após simulação de HA com AP e DT fixos para diferentes códigos	102
Quadro 2.1:	Comparativo dos métodos de <i>defuzzificação</i>	40

Listas de Siglas

AP	Antecedentes Patológicos
DT	Disfunções Tegumentares
FEG	Fibro Edema Gelóide
GFE	Grau FEG fornecido pelo especialista
GFF	Grau FEG fornecido pelo modelo após o sistema de inferência <i>fuzzy</i> – Grau FEG <i>fuzzy</i>
GFFT	Grau FEG fuzzy fornecido pelo modelo após o sistema de inferência <i>fuzzy</i> utilizando a função de pertinência triangular
GFFG	Grau FEG fuzzy fornecido pelo modelo após o sistema de inferência <i>fuzzy</i> utilizando a função de pertinência gaussiana
GFFTC	Grau FEG <i>fuzzy</i> fornecido pelo modelo após o sistema de inferência <i>fuzzy</i> utilizando a variável DT somente com os testes clínicos
GPA	Gravidez Parto e Aborto
HA	História Atual
IMC	Índice de Massa Corpórea
MMII	Membros Inferiores
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAFEG	Protocolo de Avaliação do Fibro Edema Gelóide
PPGETEC - MTCTI	Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial
RNM	Ressonância Nuclear Magnética
TC	Testes clínicos de “casca de laranja” e de prensão

Introdução

1.1 Definições do problema

A beleza associada à estética corporal está cada vez mais valorizada pelos indivíduos, principalmente na contemporaneidade. Esse conceito, veiculado principalmente nos meios de comunicação, é associado a indivíduos magros, com músculos definidos, pele bronzeada, ausência de celulite, estrias, manchas na pele e de qualquer característica que denote idade, como rugas, marcas de expressão e flacidez. Em grande parte, são os processos culturais, geralmente produzidos por grupos específicos, que definem tanto os padrões estéticos como os da própria beleza corporal. (SAMPAIO, 2009)

Em outros momentos históricos, a beleza era entendida como a harmonia entre as formas e a imagem da mulher com “formas redondas” foi muito reportada em pinturas, afinal possuir adiposidades era sinônimo de saúde, beleza. No entanto, na contemporaneidade, ambos os gêneros buscam profissionais como médicos cirurgiões plásticos, centro de tratamentos estéticos, academias de ginástica no intuito de se adequar a um padrão de beleza estética valorizado atualmente. Existe então, associado a todo esse cenário, empresas que investem no desenvolvimento de produtos, na qualidade dos serviços e no desenvolvimento de tecnologias que possam contribuir para as necessidades desse público. (KOWALSKI e FERREIRA, 2007)

O desenvolvimento de tecnologias que auxiliam o diagnóstico e tratamento na área de saúde tem crescido com a inserção da área médica na informática. No Brasil esse início está relacionado à década de 70 em alguns centros universitários do sudeste do Brasil. (SABATINI, 1998) Com esses avanços tecnológicos foi possível reproduzir muitas rotinas executadas no dia a dia de consultório como avaliação,

diagnóstico e tratamento em modelos computacionais, auxiliando assim a intervenção do profissional da área de saúde.

No entanto, um dos desafios para a construção de modelos computacionais nesta área é porque o corpo humano é um sistema em movimento e muitas disfunções como o Fibro Edema Gelóide (FEG) ou celulite afetam o equilíbrio funcional de sistemas do corpo. Essa afecção tem sua etiopatogenia influenciada por diversos fatores que, associados podem levar a problemas algícos e diminuição das atividades funcionais, além da conhecida aparência inestética de depressões ou de “casca de laranja” na pele de regiões do corpo.

Mesmo tendo sua etiopatogenia associada a vários fatores causais imprecisos e incertos como citam Guirro e Guirro (2004) e Godoy e Godoy (2003), a classificação do FEG é fundamentada principalmente na experiência do especialista, na aparência da pele e no aspecto dos tecidos após avaliação clínica, sendo esta apresentada em graus 1, 2, 3 e 4. No entanto, por se restringir a apenas o aspecto da pele é possível que esta classificação não reflita os fatores que geraram a disfunção estética.

Um importante auxílio que os modelos computacionais poderiam fornecer à identificação do grau de comprometimento pelo FEG é porque eles podem tratar o problema considerando a relação de vários fatores causais para gerar uma resposta que reflita seu relacionamento, sendo então mais abrangente.

Sendo assim, o modelo computacional deverá considerar os fatores que predis põem, determinam ou condicionam ao aparecimento do FEG para identificar o grau de comprometimento pelo mesmo. A inserção da informática neste contexto poderá ser de grande valia, tanto porque poderá representar o distúrbio considerando os fatores causais como também poderá servir de apoio para classificação a ser fornecida pelo especialista.

Então, para representar esse cenário, seria importante identificar qual a metodologia na área de informática poderia ser utilizada para a construção do modelo computacional que pudesse representar melhor o relacionamento entre os fatores

causais imprecisos e incertos, gerando uma resposta precisa e se adequando ao universo da área de saúde.

Os sistemas que empregam inteligência artificial, como os sistemas especialistas, apresentam características semelhantes às abordadas por especialistas humanos, como resolver problemas que apresentem imprecisão e incerteza. (SILER e BUCKLEY, 2005). Neste contexto, problemas relacionados à determinação do grau de comprometimento quanto à gravidade de uma afecção e a tomada de decisões quanto às condutas terapêuticas podem ser melhores conduzidas com o apoio desses sistemas, principalmente aqueles que gerem uma resposta quantitativa, como é o caso dos sistemas especialistas baseados na lógica *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* surgiu em meados do século XX nos Estados Unidos (FONSECA, 2003) e tem capacidade de realizar a modelagem de incertezas em sistemas dinâmicos. Nesse contexto, modelos computacionais de inferência baseados na lógica *fuzzy* podem se apresentar como ferramentas de apoio a decisão, uma das vertentes das possibilidades de interação entre informática e saúde. Modelos utilizando a lógica *fuzzy* foram empregados no apoio ao diagnóstico de leucemia (BELACEL *et al.* 2001; CORCHADO *et al.*, 2009), na determinação da assimetria de lesão cutânea com fronteiras *fuzzy* (VINCENT, BENNY e TIM, 2005), na classificação de isquemia e arritmia cardíaca (EXARCHOS *et al.* 2007) e na área de epidemiologia, tendo como foco as incertezas no diagnóstico de infecção (ORTEGA *et al.*, 2008).

1.2 Motivação e objetivos

O FEG é uma disfunção que causa desordens no sistema tegumentar, principalmente de cunho estético, e que acomete muitos indivíduos do gênero feminino, cerca de 85-98% (AVRAM, 2004). Apesar de sua alta prevalência, existem poucas investigações científicas sobre a etiopatogenia e classificação do FEG, dificultando a intervenção terapêutica preventiva e curativa.

Do ponto de vista estético a disfunção é desagradável aos olhos e pode levar o indivíduo acometido a desenvolver problemas de origem psicossocial, principalmente devido a cobrança da sociedade atual por um padrão de beleza estética. (MEYER, 2005). Além disso, com a gravidade, a disfunção pode acarretar problemas álgicos nas zonas acometidas e levar a diminuição das atividades funcionais.

A classificação do FEG restrita à aparência da pele, ao aspecto dos tecidos e à experiência do especialista após avaliação clínica pode levar tanto a imprecisões na sua classificação como também a execução de programas terapêuticos não condizentes com o estágio da disfunção, gerando assim, insatisfações para o cliente diante do tratamento.

Sendo assim, o modelo que será apresentado no presente trabalho poderá auxiliar o especialista na caracterização da disfunção além de ser capaz de prever possíveis graus de comprometimento pelo FEG através de simulação de mudanças de comportamentos dos indivíduos. Esse modelo poderá também ser adicionado aos outros na área de saúde que utilizam a informática como instrumento de apoio na prática clínica.

Tendo em vista que a informática, cada vez mais, facilita a vida das pessoas, este trabalho tem como objetivo propor um modelo computacional do grau de comprometimento pelo FEG utilizando sistema de inferência *fuzzy*.

Além do objetivo relatado anteriormente serão abordados no decorrer deste trabalho os aspectos referentes à lógica *fuzzy* e os estudos que empregam essa metodologia na área de saúde, a etiopatogenia e os tipos classificação do FEG presentes na literatura, as etapas de construção do modelo computacional do grau de comprometimento pelo FEG utilizando a lógica *fuzzy* e seu processo de validação através de fichas de avaliação. Espera-se, com o término deste trabalho, que esse modelo seja utilizado como instrumento de pesquisas e avaliação do FEG na área de saúde.

1.3 Limitações

Dentre as limitações do trabalho existem aquelas relacionadas tanto à construção do modelo como ao processo de avaliação do seu comportamento. No que se refere a construção do mesmo, é possível que não se consiga agregar todas as variáveis referentes à etiologia do FEG. Como se trata de uma disfunção que possui uma etiologia pouco conhecida, o modelo proposto visa associar as variáveis descritas na literatura consultada. É possível que em estudos futuros outras variáveis possam ser incluídas aumentando assim as possibilidades de identificação do grau de comprometimento pelo FEG.

Em relação ao processo de avaliação do comportamento do modelo, as análises de coerência foram realizadas em uma população específica o que pode refletir em resultados limitados para este público. No entanto, a metodologia baseada no sistema de inferência *fuzzy*, estruturada mediante a análise lógica de problemas e que gera uma resposta gradual do mesmo, pode ser utilizada não só para esse tema, mas também para outros em que existem diversos fatores a serem relacionados para que seja gerada uma resposta quantitativa.

1.4 Organização da Dissertação de Mestrado

Este trabalho está estruturado em seis capítulos e esta estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução:** descreve a apresentação da dissertação, tendo como temática as questões referentes ao desenvolvimento de modelo baseado em sistemas difusos para a classificação do FEG. Neste capítulo são definidos os objetivos;
- **Capítulo 2 – A lógica *fuzzy*:** descreve os conceitos fundamentais da lógica *fuzzy* associados a essa metodologia, abordando sua utilização na área de saúde;

- **Capítulo 3 – O Fibro Edema Gelóide:** descreve a etiopatogenia e as formas de classificação do Fibro Edema Gelóide presentes na literatura;
- **Capítulo 4 – Metodologia:** apresenta a metodologia para a construção do modelo computacional do grau de comprometimento pelo FEG utilizando a lógica *fuzzy*, além do método de construção do instrumento de validação que é uma ficha de avaliação do FEG;
- **Capítulo 5 – Resultados e Discussões da Modelagem *Fuzzy*:** aborda os resultados e as discussões do modelo trazendo as simulações realizadas e sua discussão com a literatura e o processo de validação através das fichas de avaliação que também têm seus resultados discutidos na literatura. No final deste capítulo obtem-se um grau de comprometimento denominado FEG *fuzzy*;
- **Capítulo 6 – Considerações Finais:** resumem-se as conclusões as contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro. Por fim são reportadas as referências bibliográficas utilizadas no trabalho, os anexos como tabelas para as simulações do modelo, a ficha de avaliação para a validação do modelo, tabelas de regras de implementação realizadas pelo especialista além de apêndices como o protocolo de avaliação para o FEG (PAFEG) utilizado como embasamento literário para construção da ficha deste estudo.

A lógica *fuzzy*

2.1 Introdução

Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas proporcionaram à comunidade científica da área médica o estudo e aplicação de métodos computacionais que pudessem reproduzir rotinas executadas para avaliação, diagnóstico e tratamento. No entanto, os problemas do mundo real envolvem imprecisão e incerteza não podendo ser tratados por modelos computacionais tradicionais, motivando a comunidade científica a utilizar métodos não convencionais, como os que empregam inteligência artificial.

Dentre os vários métodos baseados em inteligência artificial, os sistemas especialistas são utilizados para a aplicação em problemas da área médica por apresentarem características semelhantes às abordadas por especialistas humanos. A abordagem desses sistemas é focada na resolução de problemas que podem apresentar caráter preciso ou impreciso, bastante comum na área de saúde. (Rabuske (1995) citado por MATTOS, 2001 p.35)

Outra técnica, também baseada em inteligência artificial e inspirada nos sistemas especialistas, é a modelagem fundamentada nos conceitos de lógica *fuzzy*, surgida em meados do século XX, a qual tem capacidade de realizar a modelagem de incertezas em sistemas dinâmicos, podendo abordar problemas que apresentem características de imprecisão. Comparado aos sistemas especialistas tradicionais, modelos computacionais que utilizam a lógica *fuzzy* têm a vantagem de abordar os problemas apresentando resultados quantitativos. (SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007)

Devido à vantagem pontuada anteriormente, os modelos baseados em lógica *fuzzy* são utilizados na abordagem de problemas imprecisos do cotidiano de vários segmentos sociais, como nesse trabalho. Sendo assim, esse capítulo delineará as etapas necessárias para o desenvolvimento de modelos baseados na lógica *fuzzy*, como conceito da lógica *fuzzy*, a caracterização de um conjunto difuso, os tipos de funções de pertinência, as variáveis lingüísticas, como são construídas as regras *fuzzy*, os tipos de inferência e os métodos de saída das variáveis quantitativas.

2.2 Histórico sobre a lógica *fuzzy* e suas aplicações na área de saúde

“Lógica é uma ferramenta de análise, concebida pelo humano e a serviço do humano, para permitir implementações de raciocínios e deduções em campos como a matemática, o conhecimento, a linguagem e outros”. Rabuske (1995) citado por (WESTPHAL, 2004)

Existem lógicas clássicas e lógicas não clássicas e ambas são constituídas por um sistema formal composto de vocabulários, sintaxe da linguagem (relacionado à construção das sentenças) e semântica (interpretação da sintaxe). A lógica clássica está associada à lógica Aristotélica e, dentre as lógicas não clássicas, existem as multivaloradas ou *fuzzy*.

Aristóteles em 300 A.C propôs a lógica Clássica que é baseada em premissas e conclusões, e caracteriza-se por reconhecer apenas dois valores de verdade: verdadeiro ou falso. Sendo assim, a Lógica Clássica também é conhecida como *Lógica Bi-Valorada*. Séculos depois, após a interferência de George Boole (1847) à lógica clássica, surgiu a Álgebra Booleana que apresentou uma linguagem formal para fazer inferências lógicas. (WESTPHAL, 2004)

A lógica nebulosa, difusa ou “*fuzzy*”, foi desenvolvida nos anos 60 por Lofti A. Zadeh, professor no departamento de engenharia elétrica e ciências da computação da Universidade da Califórnia, em Berkeley nos Estados Unidos, com o objetivo de

fornecer um ferramental matemático para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago e auxiliar no controle e tomada de decisão. (FONSECA, 2003)

Zadeh fundamentou seus conceitos nos princípios do polonês Jan Lukasiewicz mentor de uma lógica multinível que refinou a lógica binária sim-não, zero ou um da física newtoniana e desenvolveu o modelo formal da incerteza na década de 30. Para Lukasiewicz, uma afirmação do tipo "A é B e não é, ao mesmo tempo" é aceitável em termos matemáticos, desde que os graus de verdade não sejam somente verdadeiro ou falso. Esse conceito vai de encontro à natureza psicológica do homem que, para muitas decisões e segmentos da vida, necessita de conceitos extremistas como sim e não. Com essa nova forma de pensar nas decisões, esse autor expandiu a lógica booleana bivalente acrescentando possibilidades intermediárias. (CAMPOS FILHO, 2004)

Mesmo tendo sido inventada nos Estados Unidos, o maior desenvolvimento da lógica *fuzzy* se deu no Japão, principalmente após os anos 80 com a aplicação dessa metodologia como ferramenta para o controle de processos industriais complexos, assim como para jogos eletrônicos e sistemas de diagnóstico. Após esse período, os Estados Unidos voltaram a utilizar a lógica por eles inventada e hoje é grande o volume de estudos que envolvem essa metodologia, principalmente em processos que exigem a tomada de decisões e controle. (FONSECA, 2003; CAMPOS FILHO, 2004; SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007).

A lógica *fuzzy* possibilita classificar em números reais uma determinada realidade ou situação que está atrelada a variáveis linguísticas, incerta ou vagas. Sendo assim é possível a modelagem realista de sistemas tendo como objeto de análise, variáveis qualitativas, quantidades imprecisas, conceitos vagos e mal definidos. (FONSECA, 2003).

A estrutura da lógica *fuzzy* foi inicialmente construída a partir dos conceitos já estabelecidos da lógica clássica ou tradicional, a qual foi fundamentada na teoria dos conjuntos e suas regras como união, intersecção além de regras expressas através de implicações lógicas. Com a evolução da informática e associado ao desenvolvimento de técnicas relacionadas aos sistemas especialistas, novos

operadores foram sendo definidos, permitindo que problemas de maior complexidade pudessem ser modelados sob a ótica da lógica *fuzzy*.

Através da Lógica *fuzzy* é possível incorporar aspectos do mundo real em um modelo computacional, pois é possível a utilização de conceitos intuitivos dados por variáveis qualitativas para a construção de um modelo matemático. Vários são os exemplos que trazem esse conceito de qualitativo, como no caso do arco iris que é visualizado apresentando diversas cores com tons mais fortes ao centro e extremidades graduadas, bem na passagem de uma cor para outra. Delimitar a cor de forma precisa é difícil porque os tons se sobrepõem o que torna difícil caracterizar precisamente cada cor. A definição desses limites poderia ser dada por variáveis qualitativas do tipo “menos vermelho” ou “mais verde”. Exemplos como esse também ocorrem na área de saúde quando o profissional precisa fornecer um diagnóstico diante de inúmeras variáveis qualitativas e muitas vezes contraditórias. (NEGNEVITSKY, 2005; SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007)

Na área de saúde é bem marcante essa gradação associada aos muitos sinais e sintomas que podem servir como diagnóstico para muitas doenças. O profissional diante dessas inúmeras informações relaciona as variáveis para então fornecer o diagnóstico. Em muitas doenças existe o sinal conhecido como patognomônico, referente a uma determinada doença, o que torna o diagnóstico menos impreciso.

Ainda na área de saúde, o diagnóstico contém diversas incertezas na forma de expressões verbais que podem ser imprecisas. Às vezes são utilizadas as mesmas palavras com significados diferentes porque as palavras não representam uma idéia única, mas um conjunto de idéias. Por exemplo, as palavras gordo, magro e saudável. Usamos um julgamento intuitivo para avaliar em que grau o indivíduo gordo, magro ou saudável pertence a nossa concepção dos mesmos. Um indivíduo que tenha uma alimentação com 40% de vegetais, 20% de folhas talvez seja saudável, já outro que apresente 30% de gordura corporal seja gordo, ou o que possui 5% de gordura esteja no grupo dos magros. Os grupos saudável, gordo e magro são conjuntos *fuzzy*.

A utilização dessa lógica em modelos computacionais gera a possibilidade de aproximar cada vez mais a informática do mundo real. Sendo assim, o conceito associado às possibilidades fundamenta a lógica *fuzzy* que permite o uso de valores intermediários, complementando os valores convencionais como sim/não, verdadeiro/falso, preto/branco, presentes na lógica tradicional que trata as variáveis como tendo apenas duas classes. Esse leque de possibilidades permite que a lógica difusa possa interpretar matematicamente variáveis reais como temperatura, tempo através de termos lingüísticos como baixo, médio, alto, mau, bom, excelente, estável e instável.

Os modelos que utilizam a lógica *fuzzy* podem ser utilizados como ferramenta de auxílio no diagnóstico, na avaliação e no direcionamento de um tratamento (INNOCENT e JOHN, 2004). Além de permitir a utilização de conceitos intuitivos para o tratamento do problema e gerar uma resposta quantitativa de saída do modelo, o fato de utilizar o conhecimento do especialista na construção do sistema, faz com que a lógica *fuzzy* se diferencie em relação aos outros métodos clássicos de modelagem e esteja cada vez mais inserida na área de saúde.

Vários modelos que podem ser encontrados na literatura, utilizando essa metodologia, vem sendo desenvolvidos na área de saúde no Brasil, como por exemplo:

- Um sistema difuso de controle da assistência respiratória em neonatos (MATTOS, 2001);
- Uma abordagem *fuzzy* para diagnóstico nutricional com o raciocínio baseado em casos (THÉ, 2001);
- A modelagem difusa de um sistema especialista médico para avaliação dos fatores de internação em crianças queimadas (WESTPHAL, 2003);
- Abordagem baseada em lógica *fuzzy* para a análise da cor pele no intuito de diferenciar lesões benignas da pele de melanomas (STANLEYA et al (2003);
- Apoio diagnóstico em dor abdominal aguda (HSING-CHIA, HUI-KUO e YEN-ZEN, 2004);
- Determinação da assimetria da lesão cutânea com fronteiras *fuzzy* (VINCENT, 2005);

- Programa de Conservação Auditiva como ferramenta de gestão da saúde auditiva na indústria de embalagens de papelão ondulado (MOREIRA, 2007);
- Modelo fuzzy sobre os sinais funcionais de perfusão e ventilação pulmonar (TANAKA *et al.*, 2008);
- Abordagem fuzzy em epidemiologia, tendo como foco as incertezas no diagnóstico de infecção (ORTEGA *et al.*, 2008);
- Além dos artigos de Abbod *et al.*(2001) e Mahfouf, Abbod e Linkens (2001), que trazem uma revisão da aplicação da lógica *fuzzy* na medicina.

A construção de um sistema de inferência *fuzzy* pode ser concebida mediante as seguintes etapas principais, conforme apresentado por Thé (2001):

- Definir o problema
- Definir os conjuntos difusos e suas variáveis lingüísticas
- Definir as regras difusas
- Construir o sistema
- Testar e validar o sistema
- Fazer os ajustes no sistema

Na construção de um sistema de inferência *fuzzy*, após definido o problema a ser modelado são determinados os conjuntos e sua função de pertinência, as variáveis lingüísticas que serão utilizadas para o relacionamento entre os conjuntos (variáveis de entrada), àquelas referentes a resposta do sistema (variáveis de saída) e as regras difusas que estão relacionadas à forma de interação entre essas variáveis para gerar a resposta do sistema. Após construído o sistema o mesmo pode sofrer modificações na função de pertinência, tanto no tipo como no intervalo de cada variável e na base de regras para que represente o objeto de estudo a ser modelado.

2.3 O conjunto *fuzzy*

A lógica *fuzzy* é baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy* e esta é em grande parte uma extensão da teoria dos conjuntos tradicionais.

Para exemplificar os dois tipos de conjuntos, tradicional e *fuzzy* vejamos como exemplo a caracterização da idade de um indivíduo associada a uma determinada faixa etária, por exemplo, indivíduo adolescente. Sendo indivíduo adolescente parte de um grupo onde a faixa etária está no intervalo de números reais entre 12 e 18, conforme a lógica tradicional podemos denotar:

$$A = \{\text{conjunto de indivíduo adolescente}\}$$

Como o adolescente é um indivíduo entre 12 e 18 anos de idade, define-se A no intervalo:

$$A = \{12,18\}$$

Conforme a definição formal de um conjunto tradicional tem-se:

$$f_A(x): X \rightarrow 0,1 \quad (1)$$

onde,

$$f_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

O conjunto A representado pela lógica tradicional tem a sua função característica, onde 1 significa que o indivíduo pertence ao conjunto de adolescentes e 0 que o indivíduo não pertence ao conjunto de adolescentes, como mostra a figura 2.2.

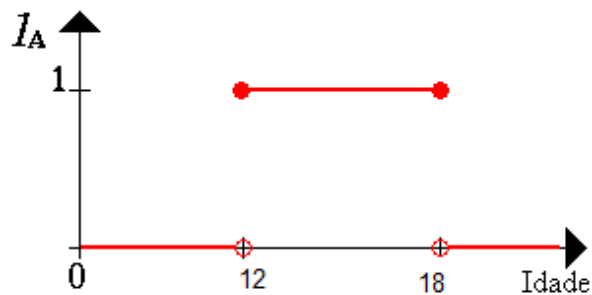


Figura 2.1 Função do conjunto tradicional adolescente. Fonte: Modificado de SANDRI 1999, p.c075.

No entanto, poderia ser realizado o seguinte questionamento: Por que alguém, em seu aniversário de 18 anos é adolescente, e no dia seguinte não é mais? Uma forma mais natural de construir o conjunto A estaria em tornar mais suave a separação mais estrita entre o indivíduo adolescente do indivíduo não adolescente. Isso pode ser feito para permitir não somente a decisão se "ele/ela **SIM** está no conjunto de indivíduo adolescente" ou "ele/ela **NÃO** está no conjunto de indivíduo adolescente", mas também para tornar os conceitos mais flexíveis, como "ele/ela pertencem **um pouco** ao conjunto de indivíduo adolescentes" ou "ele/ela **estão deixando** de pertencer ao conjunto de indivíduo adolescente" ou então "ele/ela **estão começando** a pertencer ao conjunto de indivíduo adolescente".

Sendo assim, a idéia de pertinência faz parte da caracterização do conjunto *fuzzy* que representa uma generalização da idéia apresentada pelos conjuntos da lógica tradicional. O conjunto *fuzzy* é completamente caracterizado pela definição de um intervalo de pertinência que varia de zero (0) a um (1), sendo 1 pertencendo 100%, 0 pertencendo 0% e o intervalo entre 0 e 1 é pode assumir valores infinitos adotando graus de pertinência individuais. Assim, os valores desse intervalo podem ser considerados como medidas que expressam a possibilidade de um dado elemento ser membro de um conjunto *fuzzy*. Desta forma, uma sentença pode ser "parcialmente verdadeira e parcialmente falsa".

A representação do grau de pertinência é definida por meio de uma função característica generalizada chamada de função de pertinência:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

onde,

$\mu_A(x): 1$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é completamente compatível com A

$\mu_A(x): 0$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é completamente incompatível com A

$0 < \mu_A(x) < 1$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é parcialmente compatível com A

onde X é o universo e A é o subconjunto *fuzzy* de X . Essa função associa a cada elemento x de X o grau $\mu_A(x)$, com o qual x pertence a A .

A representação acima indica o grau com que um elemento x pertence ao subconjunto A , grau este que pode assumir infinitos valores no intervalo $[0,1]$. A representação formal como um conjunto é:

$$A = \{x(\mu_A(x)) \mid x \in X, \mu_A(x): X \rightarrow [0,1]\} \quad (3)$$

Um conjunto *fuzzy* definido no universo de discurso A é caracterizado por uma função de pertinência μ_A , a qual mapeia os elementos de X para o intervalo $[0,1]$. Assim, a função de pertinência associa a cada elemento x pertencente a X um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0,1]$, que representa o grau de pertinência do elemento x ao conjunto A .

Para exemplificar um conjunto de individuo adolescente conforme a lógica *fuzzy* utiliza-se a representação dada por sua função característica (na figura 2.3 é representada uma função trapezoidal) onde 1 significa que o individuo pertence ao conjunto de individuo adolescente e 0 que o individuo não pertence ao conjunto de individuo adolescente e no intervalo entre 0 e 1 o conjunto pode assumir valores infinitos adotando graus de pertinência individuais para o conjunto de individuo adolescente como mostra a figura 2.2.

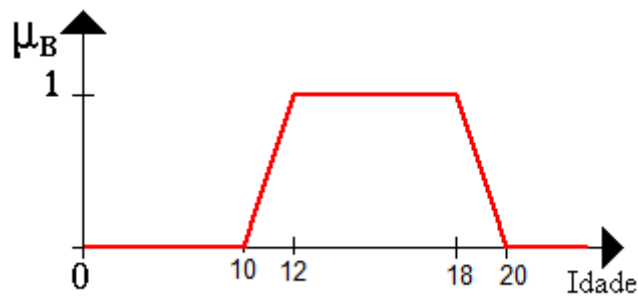


Figura 2.2 Função trapezoidal do conjunto *fuzzy* adolescente. Fonte: Modificado de SANDRI 1999, p.c075

Considerando o exemplo da figura 2.2, quem tem de 12 a 18, teria 100% de pertinência ao conjunto de indivíduo adolescente e quem entre 10 e 12 ou entre 18 e 20 pertence parcialmente ao conjunto de indivíduo adolescente. Sendo assim, existe uma função de pertinência quando se trata de um conjunto *fuzzy*.

Quando são associados vários conjuntos fuzzy, define-se o intervalo de cada um como representado nas equações (4,5 e 6) e na figura 2.3 descritas por *Hassi-Euler* (*H-E*) citado por MEDEIROS (2006, p.67) no universo de discurso real $U: [0,5]$.

$$\mu_p(x) \begin{cases} 1, se\ x < 1,5 \\ 3 - x, se\ 1,5 \leq x \leq 2,5 \\ 0, se\ x > 2,5 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_m(x) \begin{cases} x - 1, se\ 1,5 \leq x \leq 2,5 \\ 4 - x, se\ 2,5 \leq x \leq 3,5 \\ 0, se\ x < 1,5\ ou\ x > 3,5 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_g(x) \begin{cases} 0, se\ x < 2,5 \\ x - 2, se\ 2,5 \leq x \leq 3,5 \\ 1, x > 3,5 \end{cases} \quad (6)$$

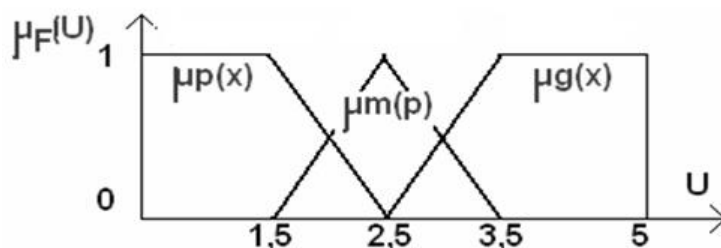


Figura 2.3 Conjunto difuso pequeno, médio e grande. Fonte: modificado de *Hassi-Euler* (*H-E*) citado por MEDEIROS (2006, p.67)

Como mostrado no exemplo anterior, a função de pertinência mapeia cada elemento entre 0 e 1 no Universo de discurso (U), no entanto é necessário se estabelecer a relação entre esses conjuntos *fuzzy*, demonstrada nos itens 2.3.1 e 2.3.2.

2.3.1 Propriedades dos conjuntos fuzzy

Assim como os conjuntos tradicionais, os conjuntos *fuzzy* também apresentam propriedades tais como: comutativa, associativa, idempotência, distributividade em relação à união, distributividade em relação à intersecção. Conforme Campos Filho, (2004) e Sivanandam, Sumathi e Deepa, (2007) sejam A,B,C conjuntos *Fuzzy* do universo de discurso X então seguem as propriedades:

- Propriedade comutativa:

$$A \cup B = B \cup A \quad (7)$$

- Propriedade associativa:

$$\begin{aligned} (A \cup B) \cup C &= A \cup (B \cup C) \\ (A \cap B) \cap C &= A \cap (B \cap C) \end{aligned} \quad (8)$$

- Idempotência:

$$\begin{aligned} A \cup A &= A \\ A \cap A &= A \end{aligned} \quad (9)$$

- Distributividade em relação à união:

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad (10)$$

- Distributividade em relação à intersecção:

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (11)$$

- Conjunto *fuzzy* e seu conjunto universal:

$$\begin{aligned} A \cup U &= U \\ A \cap U &= A \end{aligned} \quad (12)$$

- Conjunto *fuzzy* e seu complemento:

$$A \cup \neg A \neq U \quad (13)$$

- Teorema de Morgan

$$\begin{aligned} \neg(A \cup B) &= \neg A \cap \neg B \\ \neg(A \cap B) &= \neg A \cup \neg B \end{aligned} \quad (14)$$

2.3.2 Operações com conjuntos *fuzzy*

As operações realizadas com os conjuntos *fuzzy* são similares aos conjuntos booleanos, com operações de complemento, união, inteseccção, conteúdo, (NEGNEVITSKY, 2005; SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007) que serão descritas nos próximos subitens. As figuras 2.4 e 2.5 representam algumas operações dos conjuntos clássicos e dos conjuntos *fuzzy*.

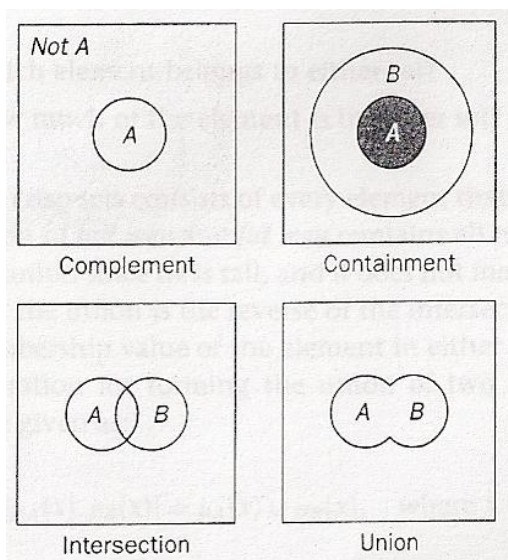


Figura 2.4 Operações dos conjuntos clássicos. Fonte: modificada de NEGNEVITSKY, 2005, p. 98)

2.3.2.1 Complemento

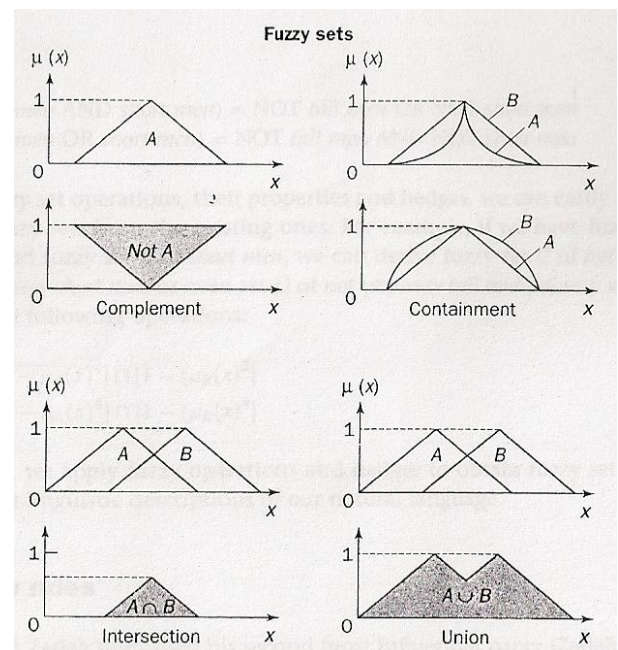


Figura 2.5 Operações dos conjuntos *fuzzy*. Fonte: modificada de NEGNEVITSKY, 2005, p. 98)

O complemento corresponde às variáveis que tem grau de pertinência invertido e é denotado por $\neg A$. A função de pertinência do conjunto é:

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (15)$$

Por exemplo, se a variável de um conjunto tem o grau de pertinência 0,9 no conjunto complementar tem grau de pertinência 0,1.

2.3.2.2 União

A união corresponde à soma dos conjuntos. É representado por $C = A \cup B$, com C nos mesmo universo de discurso X.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) \text{ onde } x \in X \quad (16)$$

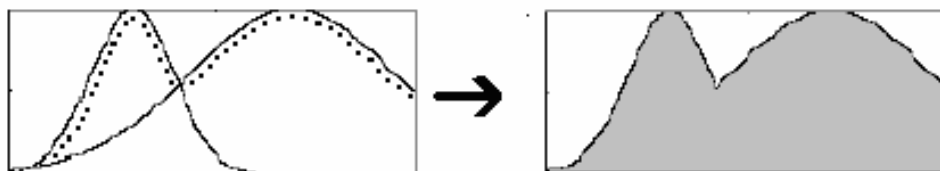


Figura 2.6 Operação união. Fonte: MEDEIROS, 2006, p.67.

2.3.2.3 Intersecção

A intersecção corresponde à região de interceptação entre os conjuntos. É representado por $C = A \cap B$, com C no mesmo universo de discurso X.

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) \text{ onde } x \in X \quad (17)$$

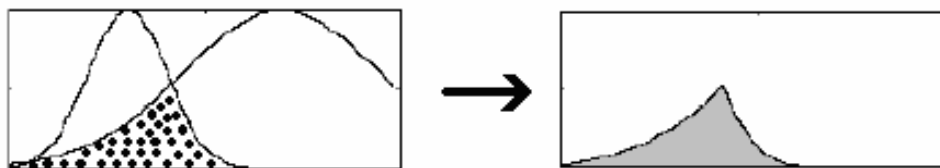


Figura 2.7 Operação intersecção. Fonte: MEDEIROS, 2006, p.67

Na representação da teoria dos conjuntos conforme a lógica *fuzzy*, a operação de interseção foi representada pelo operador mínimo e a operação de união para representar o operador máximo nos conjuntos *fuzzy*.

2.3.2.4. Conteúdo

Na operação conteúdo um conjunto pode conter outros conjuntos. O menor conjunto é chamado de subconjunto. Por exemplo, o conjunto de mulheres altas contém todas as mulheres altas. Portanto, mulheres muito altas é um subconjunto de mulheres altas. No entanto, os conjunto de mulheres altas é apenas um subconjunto do conjunto das mulheres. Em conjuntos clássicos os elementos de um subconjunto pertencem inteiramente a um conjunto maior e seus valores de adesão são iguais a 1. Em conjuntos *fuzzy*, no entanto, cada elemento pode pertencer ao subconjunto menor do que o conjunto maior. Elementos do subconjunto fuzzy têm participações menores nele do que nos conjuntos

2.3.3 As funções de pertinência

Como referido anteriormente, os conjuntos difusos são definidos em sua forma através de sua função de pertinência que reflete o conhecimento que se tem em relação à intensidade com que o objeto pertence ao conjunto *fuzzy*. Existem várias formas de representar uma função *fuzzy* de pertinência, sendo que, as mais usuais são a triangular, gaussiana, trapezoidal, sigmóide bipolar, S e quadrática, sendo todas definidas no intervalo de pertinência de 0 a 1. As funções relatadas nesse trabalho serão a triangular, gaussiana e trapezoidal, conforme apresentado abaixo.

Na função triangular os números *fuzzy* começam a subir a partir de zero $x = a$; atingir um máximo de 1 em $x = b$; e declínio para zero em $x = c$. Em seguida, a função $\mu(x)$ de um número *fuzzy* triangular é representada na equação (18) e na figura 2.8.

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a)/(b - a), & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b), & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (18)$$

ou

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b}\right), 0\right)$$

A representação gráfica das funções é dada por:

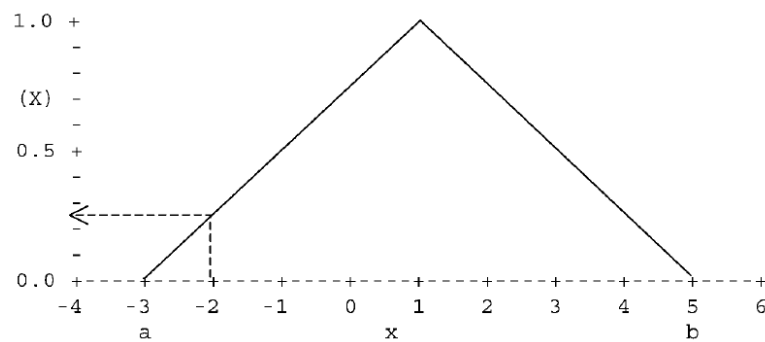


Figura 2.8 Representação da função triangular. Fonte: SILER e BUCKLEY, 2005, p. 40

A função gaussiana é definida de menos infinito a mais infinito com o pico máximo em 1. A função $\mu(x)$ de um número *fuzzy* gaussiana é representada na equação (19) e na figura 2.9.

$$\text{gaussmf}(x; a, b, c) = ae^{\frac{-(x-b)^2}{2c^2}} \quad (19)$$

A representação gráfica da função é dada por:

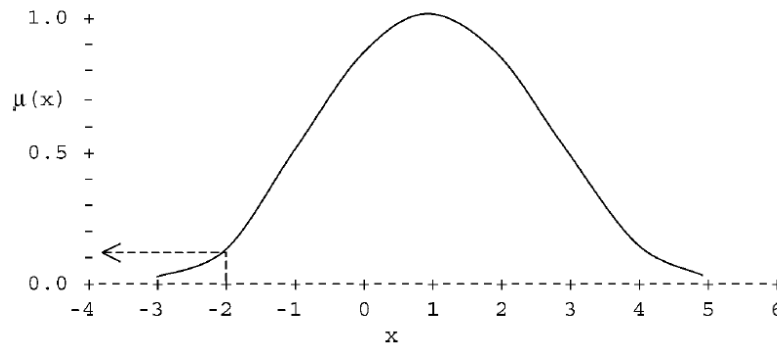


Figura 2.9 Representação da função gaussiana. Fonte: SILER e BUCKLEY, 2005, p. 41.

Na função trapezoidal os números *fuzzy* começam a subir a partir de zero $x = a$; atingir um máximo de 1 em $x = b$, se mantém em 1 no intervalo $\{b, c\}$ e declina para zero em $x = d$. Em seguida, a função $\mu(x)$ de um número *fuzzy* trapezoidal é representada na equação (20) e na figura (2.10).

$$\text{trapmf}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (20)$$

ou

$$\text{trapmf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

A representação gráfica da função é dada por:

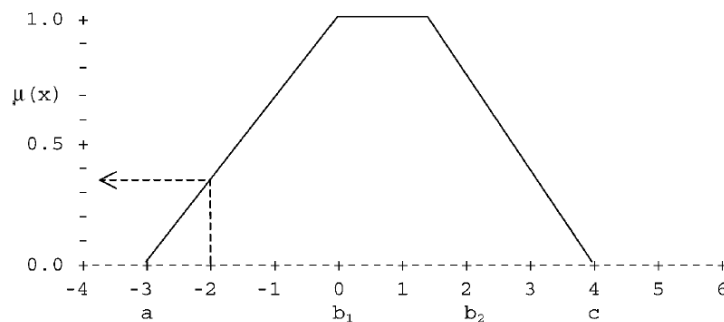


Figura 2.10 Representação da função trapezoidal. Fonte: SILER e BUCKLEY, 2005, p. 42

Como foi visto nos exemplos das funções das figuras 2.8, 2.9, 2.10, a função de pertinência irá refletir o grau de pertinência do elemento x para o conjunto *fuzzy*. O exemplo demonstrado nas figuras foi para um valor de entrada (-2) e o seu grau de pertinência para o conjunto *fuzzy* de 0 a 1. Na função triangular o valor -2 assumiu um valor fuzzy entre 0,2 e 0,3, na função gaussiana ele assumiu um valor entre 0,1 e 0,2 e na função trapezoidal um valor entre 0,3 e 0,4. Sendo assim é importante escolher qual função representa melhor o objeto de estudo.

Na área de saúde são adotadas as funções de pertinência triangular, trapezoidal e gaussiana, como pode ser confirmado nos estudos feitos por Westphal (2004), Hsing-Chia, Hui-Kuo e Yen-Zen (2004), Stanleya et al (2003), Gomide e Pedrycz (1998) citado por ALMEIDA *et al.* (2007, p.135).

Westphal (2004) analisou os fatores de internação em crianças queimadas e adotou a possibilidade de interação do usuário com o sistema desenvolvido. Assim, as variáveis difusas podem ter seu domínio, função de pertinência e pontos de curvatura alterados. Essa possibilidade permitiu refinar o sistema após sua aplicação em diversos casos práticos. Garcia (1998) citado por FONSECA (2003, p. 44) sugeriu que a montagem das funções de pertinências seja feita após consultas aos especialistas sobre o tema.

Hsing-Chia *et al.* (2004) adotou a função gaussiana no seu modelo para diagnóstico comum dor abdominal aguda (AAP), sem exame de médico profissional. Stanleya *et al.* (2003) utilizou o conjunto *fuzzy* com uma função trapezoidal para representar lesões de cor de pele relativamente benignas e o grau com que essas cores representam cores benignas. Gomide e Pedrycz (1998) citado por ALMEIDA *et al.* (2007, p.135) propôs um sistema imunológico artificial utilizando a função triangular.

2.3.4 Os tipos de variáveis

“Em termos amplos, variável é tudo aquilo que pode ter ou assumir diferentes valores” (PEREIRA, 2003, p. 67). Existem diversas maneiras de se classificar

variáveis, dentre as quais se destaca as variáveis quantitativas, inerentemente numéricas e são representadas nos universos discretos ou contínuos e as variáveis qualitativas, categóricas ou linguísticas, que são definidas por categorias e representam uma classificação do objeto a ser estudado. As variáveis qualitativas podem ser representadas linguisticamente ou nominadas (gênero feminino ou masculino) e podem estar associadas a uma categoria (estágio de uma doença: inicial, intermediário e final).

As variáveis quantitativas discretas assumem um conjunto finito ou infinito de valores, sendo esses valores inteiros. Na área de saúde tem-se como exemplo número de filhos. As variáveis quantitativas contínuas assumem valores dentro de um intervalo e são expressas por números decimais, dependendo da precisão do instrumento de aferição. Com exemplo cita-se o peso de um indivíduo em quilogramas. (PEREIRA, 2003)

Na implementação dos conjuntos difusos são utilizadas variáveis do tipo contínuas tendo como domínio os números reais (THÉ, 2001). A utilização destes tipos de variáveis pode ser exemplificada tomando como exemplo o objeto deste trabalho, observado na figura (2.11) que demonstra o comportamento de um grupo de indivíduos classificados como “FEG em torno do grau 3”. Essa figura é uma representação genérica da utilização das variáveis contínuas numa função tipo gaussiana de acordo com a equação (19).

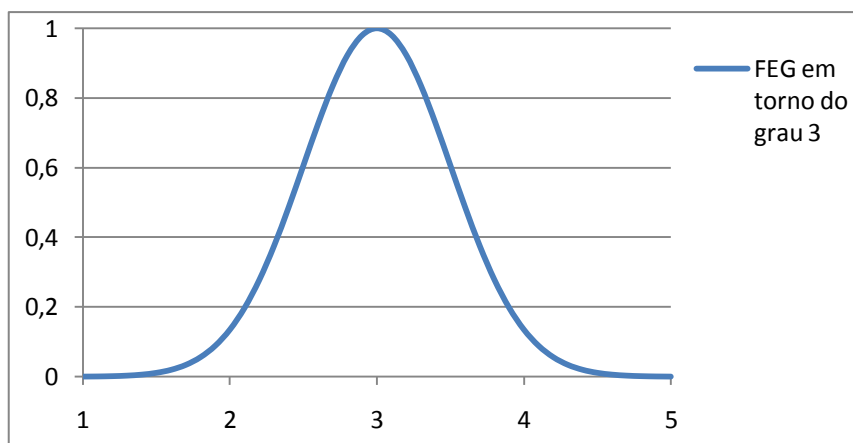


Figura 2.11 Representação do grupo “FEG em torno do Grau 3”.

Para o processamento de variáveis qualitativas, categóricas ou linguísticas pode ser necessária a associação com números, como é o caso do gênero, onde pode-se atribuir valores como 0 para o gênero masculino e 1 para o gênero feminino para então gerar uma resposta. No entanto, no sistema de inferência *fuzzy* as variáveis linguísticas como: “alto”, “médio”, “baixo” são os valores utilizados para o relacionamento ou processamento entre os conjuntos, não necessitando de uma conversão numérica. No tópicos 2.3.4.1 e 2.3.5 serão descritas as variáveis linguísticas e como é realizado o relacionamento entre essas variáveis, respectivamente.

2.3.4.1. As variáveis linguísticas no sistema de inferência fuzzy

Na representação *fuzzy* do conhecimento “uma variável linguística pode ser considerada como sendo o nome dado a um conjunto *fuzzy*” (CAMPOS FILHO, 2004). Através desta é conduzida a classificação qualitativa do problema e é realizado o relacionamento entre os conjuntos. Sendo assim, a cada conjunto *fuzzy* em um determinado intervalo contínuo é associado uma variável linguística que o representa. Os valores de uma variável linguística estão associados às expressões linguísticas como “alto”, “médio”, “baixo”. A escolha do tipo de variável normalmente se aproxima da linguagem humana natural, do tipo de conjunto a ser estudado (MEDEIROS, 2006).

A forma de utilização das variáveis linguísticas depende das propriedades sintáticas e semânticas que regem o sistema de inferência *fuzzy*. Através das propriedades sintáticas as informações linguísticas são armazenadas, gerando a criação de uma base de conhecimento. Já as propriedades semânticas especificam o modo como é extraído e processado o conhecimento, contido na estrutura definida pelas propriedades sintáticas e pela interferência da base de regras. (CAMPOS FILHO, 2004).

Como no exemplo demonstrado na figura 2.2 do conjunto de indivíduos adolescentes, o mesmo poderia ser representado através das variáveis “pré adolescente”, “adolescente” e “pós adolescente”.

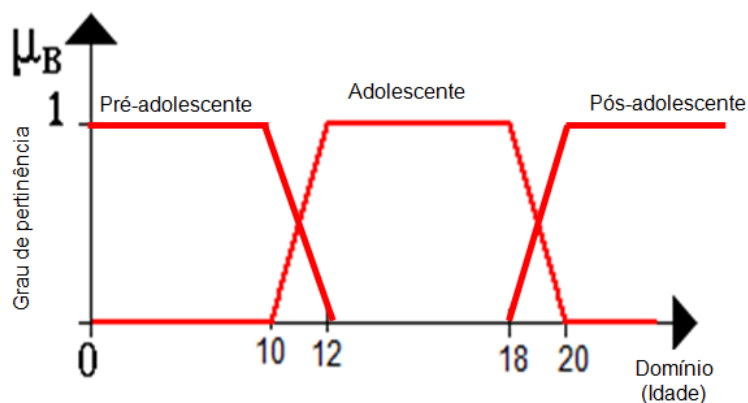


Figura 2.12 Função trapezoidal de conjunto *fuzzy* de indivíduos adolescentes e suas variáveis linguísticas. Fonte: Modificado de SANDRI 1999, p.c075.

Na construção do modelo *fuzzy*, para cada variável lingüística é atribuído um intervalo numérico contínuo de entrada. Conforme o exemplo mostrado na figura 2.12, referente ao conjunto de indivíduos adolescentes, será analisado o grau de pertinência de cada indivíduo a cada conjunto *fuzzy* de indivíduos adolescentes a depender da sua idade.

- O conjunto pré – adolescente: tem seu grau de pertinência 100% quando o valor de X encontra-se de 0 a 10. Esse grau de pertinência vai diminuindo até chegar em 0 quando x=12.
- O conjunto adolescente: de 10 até 12 vai aumentando o grau de pertinência até chegar no intervalo de 12 a 18 quando o indivíduo é 100% adolescente e após os 18 o grau de pertinência no conjunto adolescente cai até chegar em 0 quando X for 20.
- O conjunto pós-adolescente: de 18 a 20 vai aumentando o seu grau de pertinência. Quando chega a 20 o grau de pertinência alcança 100% e se mantém a partir daí.

Supondo um indivíduo com a idade de 10,5 anos qual seria sua representação?

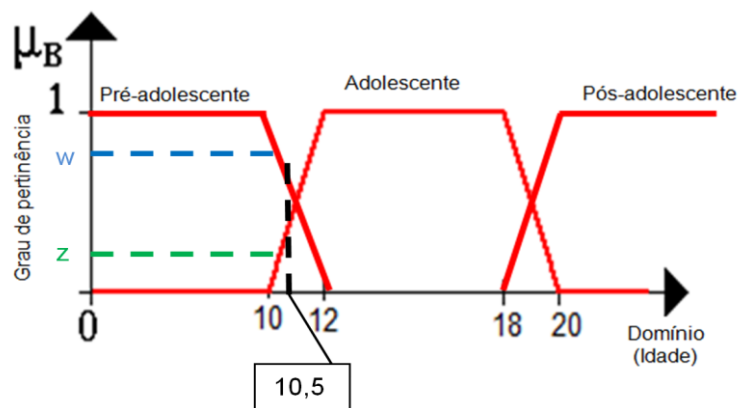


Figura 2.13 Função trapezoidal de conjunto *fuzzy* de indivíduos adolescentes (representação de indivíduo com 10,5 anos). Fonte: Modificado de SANDRI 1999, p.c075.

Conforme a figura 2.13 o indivíduo com 10,5 anos possui alto grau de pertinência ao conjunto “pré-adolescentes”, representada pela letra *w* e possui baixo grau de pertinência ao conjunto “adolescentes”, representada pela letra *z*. Sendo assim, na análise *fuzzy* é verificado o grau de pertinência de cada elemento *x* (neste exemplo a idade) para cada um dos conjuntos *fuzzy*.

No sistema de inferência *fuzzy* é através das variáveis lingüísticas que ocorre o relacionamento entre os conjuntos para gerar a resposta do modelo. Esse relacionamento, feito mediante as regras de inferência, será abordado no item 2.3.5

2.3.4.2 A escala de Likert

Como foi abordado, uma variável lingüística mede atitudes, opiniões e essas mensurações podem ser processadas quando se realiza a associação destas listas de frases ou adjetivos a números inteiros. Essa associação entre variável lingüística e numérica pode ser feita mediante a utilização de uma escala em que o indivíduo responde conforme sua opinião. As escalas devem ser usadas quando o investigador tem como objetivo obter respostas que possam ser comparáveis umas com as outras (ALRECK e SETTLE, 1995). Dentre as diversas escalas presentes na literatura, a de Likert é bastante utilizada. (AURICCHIO e MASSAROLLO, 2007; MOOLENBURGH, MUREAU e HOFER, 2008)

A Escala de Likert, criada por Rensis Likert em 1932, é um escala que varia de cinco a nove categorias ou pontos e tem o objetivo de associar um valor numérico a uma comportamento a ser mensurado. Na execução da mesma é solicitado ao respondente informar o grau de concordância ou discordância dentro dos pontos estabelecidos, qualificando então o objeto mensurado dentro de uma escala. (MOREIRA, 2007; AURICCHIO e MASSAROLLO, 2007)

A escala possui o caráter ordinal e a soma dos pontos atribuída a cada item irá constituir o escore total do indivíduo, situando-o em uma determinada faixa entre os limites da escala. O resultado é interpretado por meio da posição do indivíduo em relação à distribuição dos resultados. Sendo assim, pelas características apresentadas, a escala permite uma perfeita associação de variáveis lingüísticas com dados definidos em uma escala.

Esse instrumento é adaptado por vários pesquisadores nas áreas de psicologia, estatística (TANAKA, 2007) e na área de saúde, dentre outras. Como exemplo na área da utilização desta escala na área de saúde cita-se os estudos de Phillips, *et al.* 2000 e o de Leitão, Pondofe e Meyer, 2007.

Em seu estudo, Phillips *et al.* (2000) determinaram o percentual de pacientes que possuem Transtorno Dismórfico Corporal (TCD) que procuram tratamento dermatológico. Eles utilizaram a escala de Likert de cinco pontos em duas questões. A primeira foi se o defeito causa frequentemente muita angústia, tormento ou dor. As respostas foram (sem angústia, aflição leve e não muito preocupante angústia, moderada e inquietante angústia, grave e muito preocupante angústia, extrema e incapacitante angústia). A segunda questão foi se o defeito tinha causado comprometimento social, ocupacional ou em outras áreas importantes da vida. As respostas foram (sem limitação, leve interferência, interferência moderada e definitiva, comprometimento grave e substancial, extremo e incapacitante comprometimento).

No estudo de Leitão, Pondofe e Meyer, 2007, a escala de Likert foi utilizada para verificar o nível de satisfação dos pacientes submetidos à lipoaspiração associada a outros procedimentos cirúrgicos que se submeteram a tratamento fisioterapêutico

dermato-funcional no pós-operatório. Foram investigados itens como cumprimento dos horários de atendimento, atenção do fisioterapeuta, orientações dadas no tratamento e segurança do profissional durante a conduta.

Dentre as vantagens, tem-se a fácil compreensão e aceitação quando bem elaborada. No entanto não é um bom instrumento para quantificar mudanças na atitude após a exposição dos respondentes. (MOREIRA, 2007)

A escala de Likert foi utilizada para a construção da ficha de avaliação do FEG. Cada comportamento a ser mensurado na ficha estava associado a um número da escala de cinco pontos. Sendo assim foi possível associar as variáveis lingüísticas com os dados definidos da escala e então proceder a análise

2.3.4.3 Tipos de variáveis para o FEG (Fibro Edema Gelóide) ou celulite

Na avaliação do FEG são utilizados protocolos, fichas de avaliação onde são encontradas variáveis qualitativas e quantitativas que buscam determinar o nível de acometimento pela disfunção. As variáveis quantitativas mais utilizados são peso (kg) e Índice de Massa Corporal (IMC). Dentre as variáveis qualitativas têm-se as relacionadas: ao grupo dos antecedentes familiares, dos antecedentes patológicos pessoais, à história atual do paciente e às disfunções do tecido associadas ao FEG. Cada grupo traz diversas variáveis que podem ser associadas devido a sua similaridade.

Para exemplificar, dentre as variáveis contidas no grupo história atual estão aquelas relacionadas aos hábitos de vida como frequência na realização de atividade física, manutenção numa mesma postura por muitas horas no dia, quantidade de medicamentos com corticóides ingeridos. No grupo dos antecedentes patológicos pessoais e familiares contém variáveis relacionadas ao histórico familiar como presença de FEG na família e o biótipo corporal. Por fim nas disfunções tegumentares estão contidas variáveis que apresentam a qualidade do tegumento

ou pele, relacionada às alterações na superfície do corpo, com o aspecto em depressões ou “casca de laranja”.

A caracterização do FEG é dada pelas variáveis relacionadas à aparência da pele. (ULRICH, 1982; GODOY E GODOY, 2003; GUIRRO E GUIRRO, 2004; MEYER *et al.* 2005; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a). No entanto, mesmo sendo referenciada a importância de todas as variáveis lingüísticas na avaliação e diagnóstico do FEG, os outros grupos de variáveis citadas são utilizados para traçar o perfil do indivíduo ou na elaboração de programas terapêuticos.

Outros autores, abordados no decorrer deste item, transformam as variáveis qualitativas associados à aparência, espessura e sensibilidade da pele em dados quantitativos para avaliar a gravidade do FEG. Muitos deles utilizam exames complementares como a fotografia, Ressonância Nuclear Magnética, Ultra Som.

Mirrashed *et al.* (2004) classificou o FEG através da inspeção da aparência da pele da coxa realizada por peritos. Foram associados indicadores numéricos de 0 a 4 que se associavam ao aspecto da pele sendo: 0 - pele lisa, sem covinhas; 1- poucos números de covinhas, pequenas, rasas; 2- moderado número de buracos visíveis (alguns grandes); 3- grandes número de buracos visíveis (grandes) durante a maior parte das coxas; 4- aparência da pele de queijo cottage.

Collis *et al.* (1999) também usou como indicador de classificação do FEG em 52 pacientes um dos critérios a aparência, porém através da documentação fotográfica com a câmera sem flash. Da mesma maneira, Ortonne *et al.* (2008) investigou a aparência, o aspecto de “casca de laranja” com uma macrofotografia em preto e branco, também com baixa iluminação. A análise foi através da medição da sombra emitida pela pele com as depressões após fotografia com câmera perpendicular ao plano a ser fotografado.

Marek *et al.* (2002) utilizou os parâmetros relacionados a biomecânica da pele para avaliar sua aparência. Os parâmetros foram frouxidão, deformação elástica, distensibilidade, comportamento mecânico da estrutura (rigidez, maciez), recuperação elástica (elasticidade). A hipótese dos autores foi de que a pele de uma

área com aparência de celulite (lateral da coxa) pode ter diferentes características biomecânicas da pele de uma área sem aparência de celulite (o ombro posterior). Assim como nesse estudo, Ortonne *et al.* (2008) também verificou as propriedades elásticas da pele através do aparelho Dermal Torque Meter e a sua espessura através da imagem capturada pelo ultra-som.

Meyer *et al.* (2005) utilizou variáveis quantitativas e qualitativas para identificar a gravidade do FEG através de um protocolo, o PAFEG (anexo A). As variáveis foram relacionadas a hábitos de vida como fumar, consumir bebida alcoólica, tipo de alimentação e prática de atividades físicas, antecedentes familiares e patológicos, alterações microcirculatórias, distúrbios endócrino-metabólicos e emocionais, uso de medicamentos, presença de adiposidade localizada, aderência tecidual, grau e forma do FEG. No entanto a maioria dos questionamentos eram referentes à presença ou ausência da disfunção e os dados não foram relacionados no intuito de verificar o grau de comprometimento pelo FEG.

Ainda neste estudo, Meyer *et al.* (2005) chamaram a atenção para a avaliação da sensibilidade como indicador de gravidade do FEG e para isso utilizaram os monofilamentos de Semmes-Weinstein para identificar e acompanhar a evolução de disfunções de sensibilidade tátil. Conforme os autores, o critério de inclusão são os indivíduos que já apresentam alteração de sensibilidade (FEG nos graus moderado e grave). O examinador identificou os níveis de alterações sensitivas por meio da sensação de pressão fornecida pelo instrumento. A sensibilidade foi avaliada na faixa de 0,05g (normal) até 4,0g (perda do tato leve). Carvalho, (1994) citado MEYER *et al.* (2005, p.80) também avaliou a sensibilidade, nesse caso a sensibilidade dolorosa, através do teste de preensão realizado mediante palpação local. O avaliado quantifica a preensão como: sem dor, dor fraca, dor desconfortável, dor angustiante e dor torturante.

Guiro e Guiro, (2004) relatam que não há uma causa específica para o aparecimento do FEG. O acometimento pelo distúrbio depende da interação de diversos itens que foram divididos em três grupos denominados fatores predisponentes, determinantes e condicionantes. A relação entre esses fatores leva

a uma melhor compreensão da formação do FEG, como também direciona os tipos de intervenções terapêuticas. Esses fatores são descritos no próximo capítulo.

A maioria dos indivíduos submetidos à avaliação no intuito de caracterizar o acometimento pelo FEG é questionada sobre itens relacionados a hábitos de vida, antecedentes pessoais e familiares além de serem submetidos a uma avaliação física para caracterizar as alterações sofridas pelo sistema tegumentar.

A escolha das variáveis está relacionada ao objeto da pesquisa é fundamental para a confecção do modelo. Por se tratar de uma disfunção multifatorial é importante relacionar os dados no intuito de procurar identificar o nível de acometimento da pele. A identificação desses fatores contribui não só para relatar uma disfunção existente como também predizer a influência destes no aparecimento da disfunção e assim poder tomar medidas preventivas, evitando ou minorando o acometimento pelo FEG.

2.3.5. Procedimento de inferência – regras fuzzy

Inferência é a passagem, através de regras válidas, do antecedente ao conseqüente de um objeto de estudo, determinado normalmente pelo $SE \rightarrow ENT\tilde{A}O$. Na lógica *fuzzy*, essa passagem é realizada mediante a interação, determinada pelas regras de inferência, entre as variáveis lingüísticas de entrada (SE), gerando um conjunto de dados de saída (ENTÃO). Essas regras são aplicadas aos conjuntos fuzzy através das variáveis lingüísticas e são construídas mediante a operação entre os conjuntos como mostrado no item 2.3.2 deste capítulo.

Tendo como exemplo o conjunto de “indivíduo adolescente” e suas variáveis lingüísticas (“pré-adolescente”, “adolescente” e “pós-adolescente”) associado ao conjunto “acertar dever de casa” e suas variáveis lingüísticas (“pouco”, “médio” e “muito”) e tendo como resposta “brincar” e suas variáveis lingüísticas (“pouco”, “médio” e “muito”), exemplifica-se o sistema de inferência $SE \rightarrow ENT\tilde{A}O$ utilizando a

regra: “SE o indivíduo é pre-adolescente *E* acertou pouco o dever de casa ENTÃO vai brincar pouco”, através da figura 2.14

Na figura 2.14 está a representação de uma regra entre os conjuntos “indivíduo adolescente” e “acertar dever de casa” utilizando a relação de intersecção dada pelo operador mínimo.

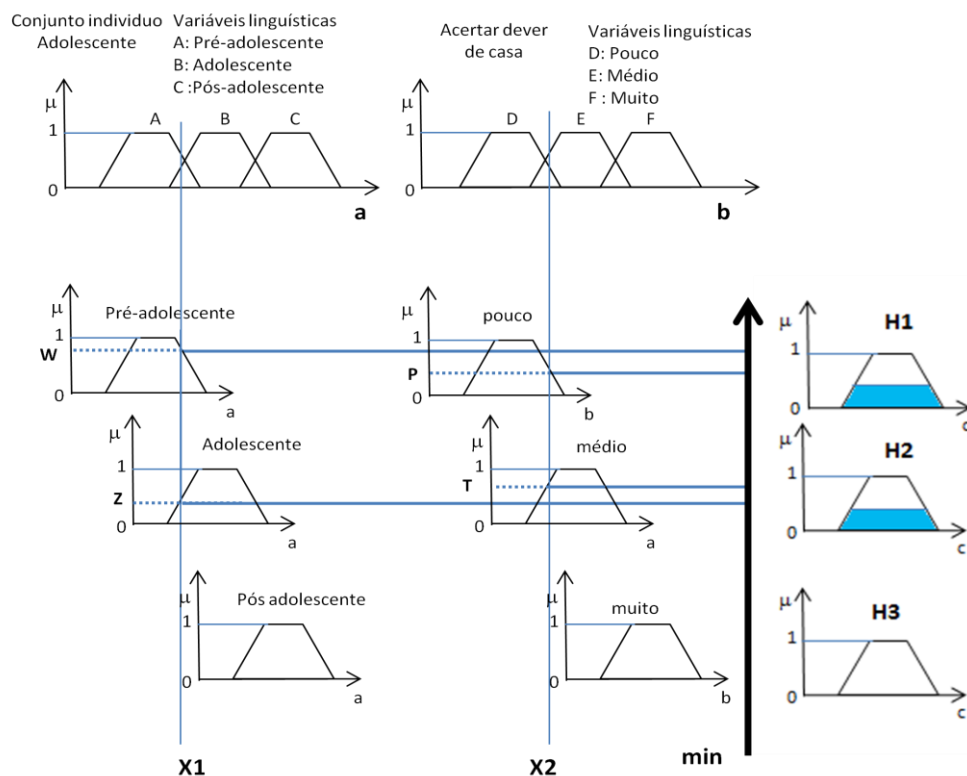


Figura 2.14 Procedimento de inferência fuzzy com operador min e função trapezoidal.

Sendo assim, um indivíduo (X1) no conjunto de “pré adolescente” é considerado o valor W de pertinência para essa regra. Se esse ele acertar dever de casa (X2) “pouco” é considerado o valor P de pertinência para essa regra. A resposta para essa inferência é representado na figura por H1

Considerando uma outra regra onde o indivíduo (X1) no conjunto “adolescente” é considerado o valor Z de pertinência para essa regra. Se esse ele acertar dever de casa (X2) “muito” é considerado o valor T de pertinência para essa regra. A resposta para essa inferência é representado na figura por H2

Esse indivíduo (X1) possui pertinência zero no conjunto “pós adolescente” e Se ele acertar dever de casa (X2) possui pertinência zero no conjunto “muito”, não ocorrendo então a inferência H3.

No sistema de inferência fuzzy, cada valor de entrada (X1), (X2) possui um grau de pertinência entre 0 e 1, representado na figura pelos valores W, P, Z, T. referente a regra em questão ou disparada pelo sistema. A obtenção desse grau de pertinência é denominado de *fuzzificação*.

O relacionamento entre essas regras é feito através dos conectivos lógicos do tipo “E” intersecção, como na regra supra-citada. Porém existem outras formas de conectivos lógicos como o “OU” união. Em alguns sistemas de inferência *fuzzy* esses operadores são denominados respectivamente de (operador mínimo) e (operador máximo). Esses conectores restringem (E) ou ampliam (OU) a forma de resposta do objeto de estudo.

Tendo como exemplo a mesma regra descrita e utilizando o operador do tipo união (OU) ou máximo, tem-se: “SE o individuo é pre-adolescente OU acertou pouco o dever de casa ENTÃO vai brincar pouco”. Esta regra é representada na figura 2.15.

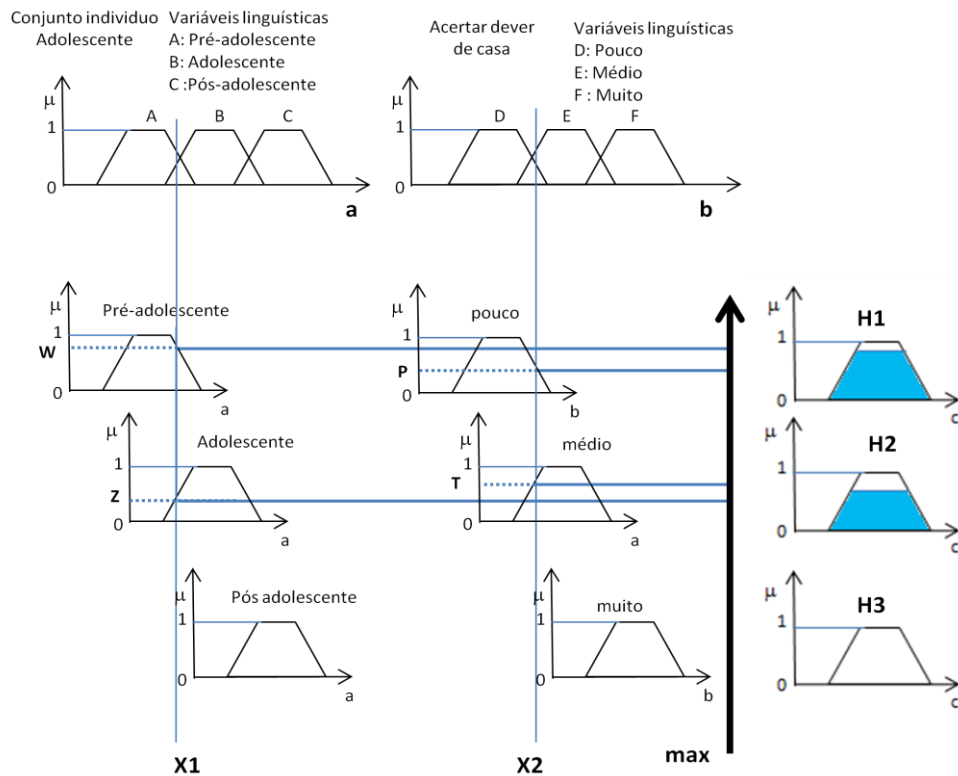


Figura 2.15 Procedimento de inferência *fuzzy* com operador max e função trapezoidal.

Pode-se observar na figura 2.15 que o sistema de inferência considera outro valor de saída de H_1 e H_2 , pois utiliza o valor máximo de agregação entre os conjuntos.

Como foi mostrado nas figuras 2.14 e 2.15, em uma base de conhecimento *fuzzy*, o armazenamento das informações é realizado mediante regras *fuzzy*. (WESTPHAL, 2004). Na base de dados ficam armazenadas ainda as definições sobre a discretização (as variáveis) e normalização dos universos de discurso e as definições das funções de pertinência dos termos difusos.

No procedimento de inferência é analisado o grau de pertinência associado aquele mesmo valor numérico no universo de discurso relacionando-os a uma base de regras conforme a condicional se – então, como foi mostrado.

O tipo de inferência ocorre:

$$\text{If}(Se) < \text{antecedente} > \text{ then}(\text{Então}) < \text{conseqüente} >$$

ou

(21)

$$SE < \text{situação} > \text{ ENTÃO} < \text{ação} >$$

Na lógica clássica a inferência é dada pela comparação, sendo que só é permitido uma “compatibilidade exata”, já no raciocínio difuso é possível adotar um valor aproximado dependendo da pertinência ou *fuzzificação* dessa variável ao conjunto *fuzzy*. (WESTPHAL, 2004; SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007)

Para a construção da base de regras normalmente tem-se a intervenção de especialistas no assunto a ser abordado. Westphal (2004) que elaborou um Sistema Especialista para avaliar os critérios de internação de crianças vítimas de queimaduras utilizou um especialista para ajustar o modelo (regras de avaliação, premissas e fatores determinantes da conduta médica). Innocent e John (2004) definiram um conjunto adequado de termos lingüísticos e ordenou-lhes de acordo a base de análise dos termos utilizados por um médico durante o diagnóstico. Corchado *et al* (2009) apresenta um modelo para a classificação dos pacientes com leucemia que utilizou a análise seqüencial de três peritos.

As variáveis de saída ou resposta do sistema são fornecidas diferentemente, a depender do modelo de inferência escolhido. (CAMPOS FILHO, 2004). Nos procedimentos de inferência encontrados na literatura estão os modelos clássicos, sendo o mais conhecido é o de Mamdani e o Larsen representado na figura 2.16 e os modelos de interpolação como Takagi-Sugeno e o de Tsukamoto representado na figura 2.17.

O modelo de interpolação, como os do tipo Takagi-Sugeno, fornecem como saída um indicador, sempre no intervalo entre 0 e 1 que corresponde a média das regras do modelo. Já no modelo de inferência Mamdani a conclusão de cada regra especifica um termo difuso que necessita da utilização de um cálculo, denominado

defuzzificação para gerar uma resposta do modelo. Essa defuzzificação pode ser realizada através de diferentes tipos de saída. (SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007)

Os do tipo interpolação fornecem uma variável de saída na forma de indicadores e os do tipo clássico fornecem resultados numéricos proporcionais, sendo este último caracterizado por possui relações *fuzzy* tanto nas variáveis de entrada (*fuzzificação*) como nas variáveis de saída (*defuzzificação*). (MEDEIROS, 2006) A defuzzificação será descrita no item seguinte do capítulo.

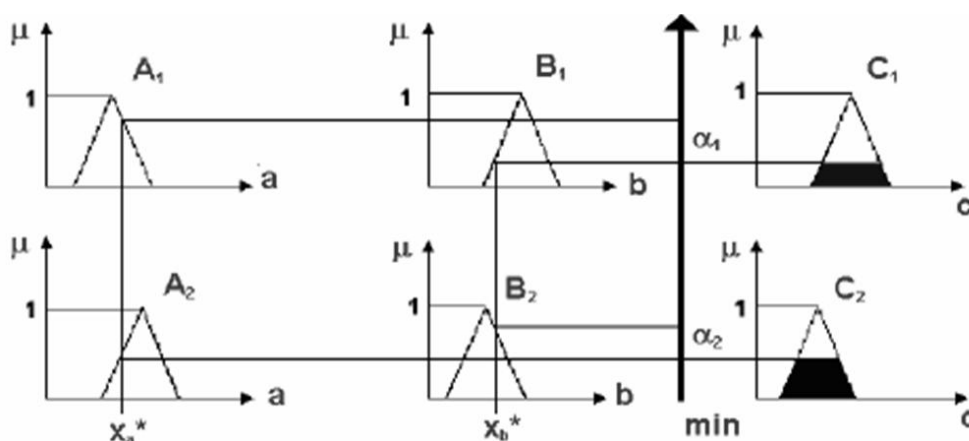


Figura 2.16 Regras de produção *fuzzy* e Modelo Mamdani. Fonte: Modificado de MEDEIROS, 2006, p.68.

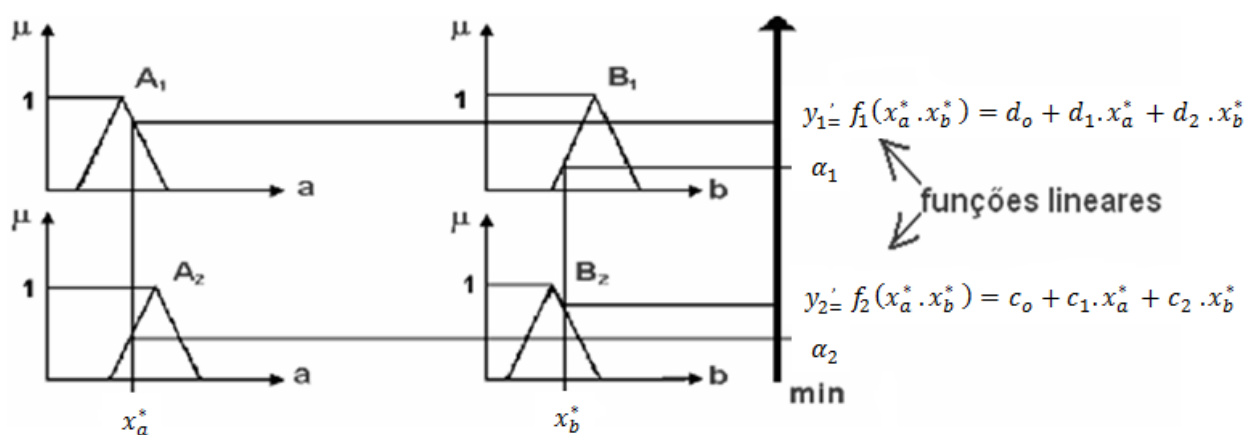


Figura 2.17 Regras de produção *fuzzy* e Modelo Takagi e Sugeno. Fonte: MEDEIROS, 2006, p.68

No modelo Mamdani, a base de regras representa a relação entre os conjuntos *fuzzy* de entrada e os conjuntos *fuzzy* de saída. Essa relação é dada através dos conectivos lógicos como intersecção (operador mínimo) e união (operador máximo) como demonstrado no item 2.3.2 referente às operações com os conjuntos *fuzzy*.

$$SE x_1 = A_i \ E x_2 = A_j \ E \dots \ E x_p = A_n \ ENTÃO y_1 = B_i \ E y_2 = B_m \quad (22)$$

Nesse exemplo (22) cada regra é processada pela intersecção *fuzzy* (operador E) entre os graus de pertinência das variáveis de entrada x e das variáveis de saída y . Cada saída y contém as informações sobre todas as regras disparadas para cada entrada x de cada conjunto A .

Essa relação está representada na figura 2.16 e conforme o exemplo (22) tem-se:

$$SE x_a = A_1 \ E x_b = B_1 \ E x_a = A_2 \ E x_b = B_2 \ ENTÃO y_1 = C_1 \ E y_2 = C_2$$

Como no modelo computacional utilizando sistema de inferência *fuzzy* para a classificação do FEG utilizou-se o tipo de inferência Mamdani, o processo de *defuzzificação* será descrito no item a seguir.

2.3.6. Defuzzificação

O processo de *defuzzificação* é utilizado quando a inferência é realizada em um sistema do tipo clássico com o objetivo de obter um valor de saída numérico (SAADE, 2000; SIVANANDAM, SUMATHI e DEEPA, 2007). Em um sistema de inferência *fuzzy*, como no caso Mamdani, a característica de saída é obtida a partir de valores *defuzzificados* de produção de conjuntos *fuzzy* resultantes da agregação de diferentes resultantes de cada regra (fornecidas após a *fuzzificação*) da base de

regras de inferência distribuídas no universo de discurso. Na figura 2.18 a agregação do conjunto A1 e B1 é representada por C1, agregação do conjunto A2 e B2 é representada por C2 e a essa agregação total referente às duas regras é representada por C'

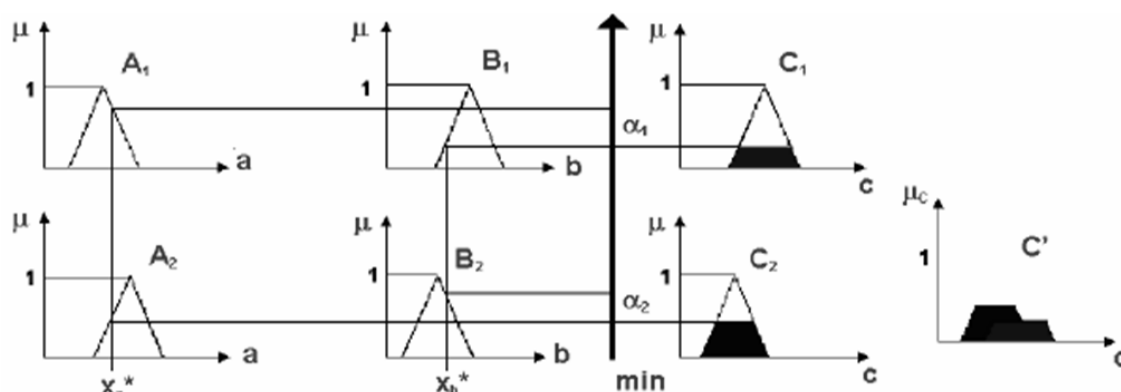
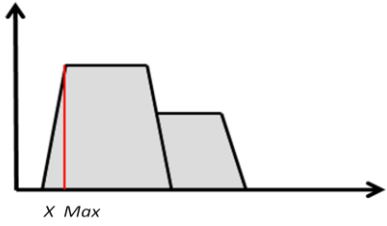
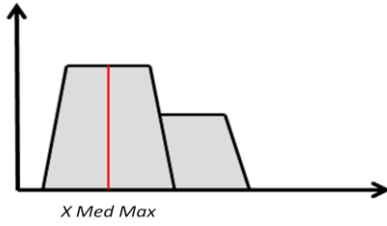
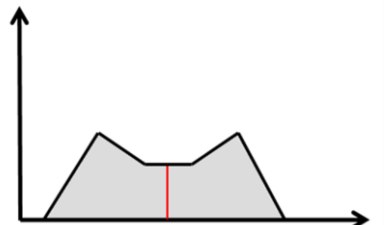


Figura 2.18 Regras de produção *fuzzy* e Modelo Mamdani com *defuzzificação*. Fonte: MEDEIROS, 2006, p.68.

Como foi demonstrado nas figuras 2.14 e 2.15, a agregação depende do tipo de conector (E, OU) escolhido para o relacionamento entre as variáveis. Na figura 2.18 foi utilizado o conector mínimo. Após a agregação, será calculada a forma de resposta do modelo, ou seja, o ponto relacionado ao grau de pertinência da agregação ou distribuição.

Os métodos de *defuzzificação* mais utilizados são: o primeiro máximo, média dos máximos e centro da área ou centróide. Esses métodos têm sua forma e gráfico apresentados no quadro 2.1.

- Método do primeiro máximo o valor de saída corresponde ao ponto em que o grau de pertinência da distribuição atinge o primeiro valor máximo;
- No método da média dos máximos o valor de saída corresponde ao ponto médio entre os valores que tem maior grau de pertinência;
- No método centróide, mais utilizado, o valor de saída corresponde ao centro da gravidade da função de distribuição.

Método	Fórmula	Gráfico
Primeiro máximo	$X Max = x max_1 + x max_2$	
Média dos máximos	$X MedMax = \frac{(x max_1 + x max_2)}{2}$	
Centróide	$XC = \frac{\sum x_i w_i}{\sum w_i}$	

Quadro 2.1 Comparativo dos métodos de defuzzificação.

Sendo assim, após a entrada das variáveis numéricas precisas, são ativadas as regras (*fuzzificação*), em seguida o sistema de inferência determina como as regras (determinadas por especialistas) são combinadas, como resultado tem-se uma agregação entre as respostas das regras e após a escolha do tipo de resposta em relação a distribuição dos dados agregados (*defuzzificação*) tem-se a resposta do modelo no domínio das variáveis de saída num correspondente universo de discurso. As entradas e saídas do sistema são denominadas respectivamente, *fuzzificação* e *defuzzificação* e correspondem às etapas principais de modelos de inferência *fuzzy* (MALUTTA, 2004). Esses passos estão descritos na figura 2.19.

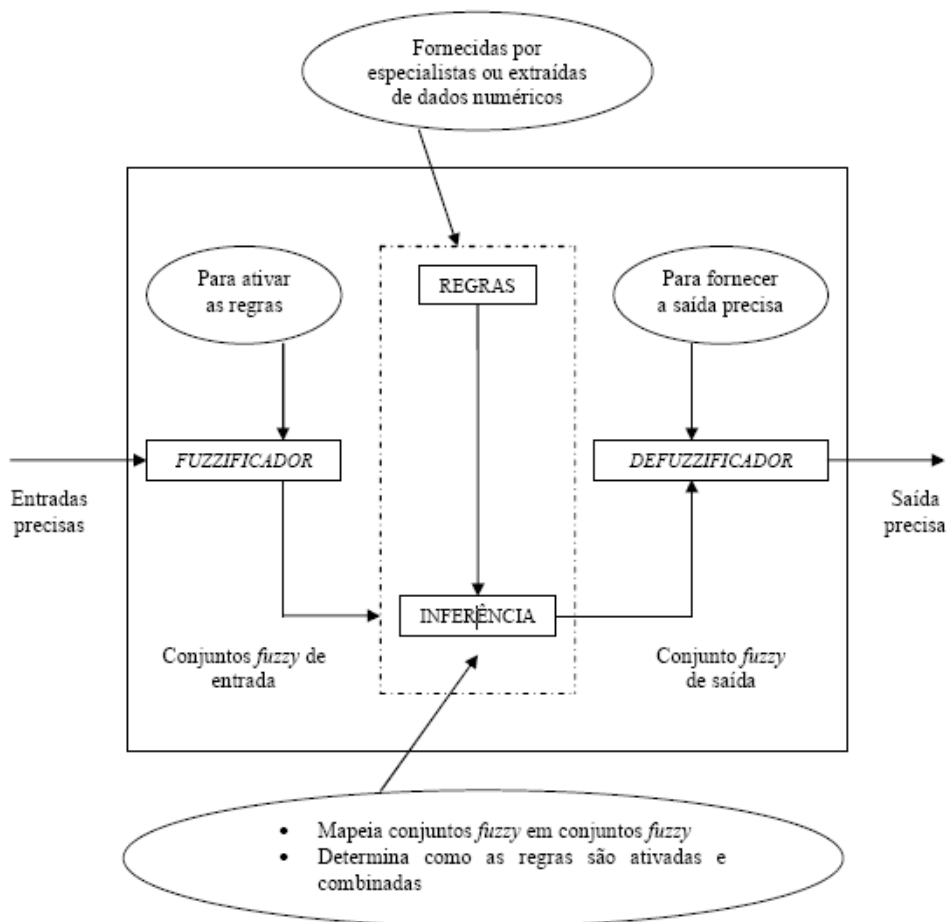


Figura 2.19 Sistema de inferência *fuzzy*. Fonte: Ortega (2001) citado por MALUTTA, 2004 p.78.

Neste capítulo foram descritas as etapas necessárias para o desenvolvimento de modelos que utilizam o sistema de inferência *fuzzy* como: a caracterização de um conjunto difuso, os tipos de funções de pertinência utilizadas, os tipos de variáveis lingüísticas, o procedimento de inferência, as regras difusas e os métodos de saída do modelo através de uma variável quantitativa.

Além da revisão sobre a construção de modelos em lógica *fuzzy*, foram referenciados estudos que empregam essa metodologia na área de saúde. Procurou-se ainda apontar os tipos de funções mais utilizadas nessa área, os tipos de variáveis lingüísticas do objeto de estudo e o tipo de inferência que foi utilizado na construção do modelo. O capítulo seguinte delineará sobre aspectos referentes à celulite.

O Fibro Edema Gelóide (Celulite)

3.1 Introdução

A sociedade atual valoriza a beleza associada aos atributos físicos como a presença de músculos bem definidos, a pele bronzeada, lábios grossos, ausência de celulite, estrias e rugas. Essa busca por um tipo de aparência corporal está associada aos processos culturais, geralmente produzidos por grupos específicos, que definem tanto os padrões estéticos como os da própria beleza corporal. (ORÍÁ *et al.*, 2003; KOWALSKI e FERREIRA, 2007; SAMPAIO, 2009)

Uma das imperfeições estéticas que motivam a procura de tratamentos em centros de beleza é a celulite, principalmente porque causa danos à estética corporal de 85-98% de mulheres após a puberdade em todas as raças (AVRAM, 2004). A celulite, também denominado de Fibro Edema Gelóide (FEG), é uma disfunção que acomete o sistema tegumentar gerando modificações fisiológicas e estruturais nos seus componentes o que pode levar ao aparecimento de depressões na pele que alteram sua estética. Piérard (2005) ressalta que beleza também exige pele lisa, sem nenhum indício de celulite, reforçando ainda mais a importância dada à integridade da pele sem imperfeições estéticas como sinônimo de beleza.

A presença dessa disfunção não se restringe apenas a um aspecto antiestético e sua presença tem um impacto real na qualidade de vida dos pacientes. Alguns estudos relatam que existem alterações mais graves envolvendo a pele e a gordura subcutânea que podem levar a quadros de dor e diminuição das atividades funcionais, pode causar prejuízos psicológicos e nas relações interpessoais, além da desagradável aparência em depressões de regiões do corpo. (SARWER, MAGGE e CLARK, 2003; HEXSEL e HEXSEL, 2006)

Apesar de acometer uma grande parcela do público feminino, pouco se conhece sobre os mecanismos causais da celulite. A literatura reporta que existe a relação de fatores que podem predispor, determinar ou agravar a aparência da disfunção. (GODOY e GODOY 2003; BACCI e LEIBASCHOFF 2006a). Dentre esses fatores cita-se a obesidade, o sedentarismo, os hábitos de vida relacionados ao fumo, a alimentação não balanceada, a presença os antecedentes familiares de celulite e as disfunções circulatórias geradas por mecanismos que gerem compressão da pele. No entanto, mesmo com uma gama de possibilidades para a caracterização, pouco se sabe quanto de cada fator é importante para o agravamento da disfunção. (ROSSI e VERGNANINI, 2000)

As múltiplas possibilidades de causa para a celulite podem levar a imprecisões quanto à identificação de sua gravidade, principalmente porque existem fatores difíceis de serem quantificados pelo especialista. Essa dificuldade para apontar o grau de interferência dos agentes causais pode prejudicar a classificação e a abordagem terapêutica, pois a qualidade de uma intervenção terapêutica depende do delineamento do problema a ser abordado.

Atualmente a maior parte da classificação do FEG é realizada através de exames clínicos e é baseada na experiência do especialista que pode dispor de exames diagnósticos muitas vezes de custo elevado, como a ressonância nuclear magnética. Mesmo sendo relatado que “os estágios do FEG não são totalmente delimitados, podendo ocorrer uma sobreposição de graus em uma mesma área de uma mesma pessoa” (GUIRRO e GUIRRO, 2004, p. 364), a classificação atual se baseia principalmente no aspecto e nas alterações apresentadas pelo tecido. Outros fatores, dentre estes os associados aos hábitos de vida, como por exemplo, o tipo de alimentação e a realização de atividades físicas, são muitas vezes questionados na avaliação, através de fichas, porém são dados normalmente utilizados para nortear a abordagem terapêutica.

As classificações propostas por autores como Ulrich (1982), Godoy e Godoy (2003), Guirro e Guirro (2004) são limitadas ao aspecto dos tecidos. Essa abordagem tem valor clínico no diagnóstico do FEG sendo bastante utilizada na avaliação clínica

diária dos pacientes até os dias atuais, porém não reflete os fatores que geraram a disfunção.

Como foi visto no capítulo de lógica *fuzzy*, através de modelos computacionais que empreguem essa metodologia é possível relacionar múltiplas variáveis de entrada para o tratamento de um problema e obter como saída uma resposta quantitativa que reflita o relacionamento entre as variáveis de entrada. Sendo assim, é possível que através do sistema de inferência *fuzzy* a classificação da celulite contemple a associação entre fatores que são importantes na etiopatogenia da disfunção e que não são considerados diretamente na determinação do grau do FEG. A resposta a ser gerada pelo modelo visa a determinação do grau de comprometimento pelo FEG após a associação com todos os fatores etiopatogênicos relatados na literatura e não principalmente com o aspecto apresentado pela pele.

Nesse capítulo serão abordados os aspectos relacionados à celulite, como conceito, etiopatogenia, os tipos de classificações existentes, além de exames complementares utilizados para seu diagnóstico. Ao final do capítulo será possível identificar as variáveis que podem ser utilizadas na construção do modelo computacional em lógica *fuzzy* para classificação do FEG.

3.2. Nomenclatura, definição, incidência e localização da celulite.

3.2.1 Nomenclatura da celulite

Há algumas décadas o termo celulite é utilizado para definir um tipo de disfunção estética que se caracteriza pela presença do aspecto ondulado da pele de regiões do corpo, principalmente de indivíduos do gênero feminino. De acordo com Guirro e Guirro (2004), existem controvérsias quanto à utilização deste termo porque o sufixo “ite” é indicativo de inflamação e os estudos de Alquier e Paviot (1920) citado por ROSSI e VERGNANINI, (2000, p. 251) identificaram uma disfunção não inflamatória do tecido. No entanto, mesmo sendo etimologicamente incorreto, o termo celulite pode ser utilizado porque é bastante difundido na área de saúde e na população em

geral. (Ciporkin e Paschoal (1992) citado por MEYER *et al.* (2005, p.76); BACCI e LEIBASCHOFF 2006a).

Muitos termos são utilizados para designar a celulite e estão relacionados ao aspecto do tecido, às alterações encontradas e à população afetada. Godoy e Godoy (2003) denomina de linfostase cutânea regional por afetar o sistema circulatório da pele de regiões do corpo, Francischelli Neto, Francischelli e Oliveira (2003) e Assumpção *et al.* (2006) denominam de lipodistrofia ginóide por ser o reflexo de alterações no tecido adiposo de indivíduos com biótipo ginóide e Guirro e Guirro (2004), Meyer *et al.* (2005) e Rossi e Vergnanini (2000) denominam de Fibro Edema Gelóide por representar melhor sua definição, que será descrita no item a seguir deste capítulo. Neste estudo serão adotadas as nomenclaturas celulite e Fibro Edema Gelóide (FEG).

3.2.2 Definição, incidência e localização da celulite

A celulite é estudada por diversos pesquisadores que buscam sua etiologia e os tecidos afetados por essa disfunção estética que, com a evolução clínica, gera alterações na topografia, textura e uniformidade da pele provocando alterações funcionais na região acometida.

As definições se baseiam na caracterização das alterações morfológicas encontradas tanto na análise micro como macroscópicas dos tecidos acometidos, como também através do gênero e pelas perturbações locais do sistema vascular da pele. A caracterização microscópica auxilia no entendimento da nomenclatura Fibro Edema Gelóide que se refere a uma infiltração edematosa do tecido conjuntivo subcutâneo, não-inflamatória, seguida de polimerização da substância fundamental que, infiltrando-se nas tramas, produz uma reação fibrótica consecutiva. (ROSSI e VERGNANINI, 2000; GUIRRO e GUIRRO, 2004; ROSSI e VERGNANINI 2000).

Godoy e Godoy (2003) ao analisarem microscopicamente a caracteriza como doença de acúmulo em nível de interstício celular e células adiposas. Assim como

este autor, Rossi e Vergnanini (2000) referem como uma desordem metabólica localizada do tecido subcutâneo que provoca alterações na forma de corpo feminino. Corroborando com esses autores Guirro e Guirro (2004, p.348) citam: “Sem dúvida trata-se de uma desordem localizada que afeta o tecido dérmico e subcutâneo, com alterações vasculares e lipodistrofia com resposta esclerosante, que resulta no inestético aspecto macroscópico”.

Na definição macroscópica, o aspecto em “casca de laranja” ou “fenômeno do colchão”, aparência de “saco de nozes”, aparência de pele enrugada e flácida é citada por diversos autores (ULRICH,1982; GUIRRO e GUIRRO, 2004; ASSUMPÇÃO *et al.*, 2006; GOLDMAN *et al.*, 2006). Godoy e Godoy (2003) trazem o conceito de aspecto celulítico quando se refere ao aspecto de “casca de laranja” e relata que o aparecimento deste aspecto não está somente relacionado à celulite, mas também à obesidade e ao edema, tendo cada fator sua importância na caracterização da doença. O autor relata que sem a obesidade e o edema é possível que o aspecto celulítico desapareça. Sendo assim, macroscopicamente a celulite clássica é caracterizada por uma mistura de ondeamentos irregulares, pele acidentada e encarçada e lesões cutâneas arredondadas. (PIÉRARD, 2005)

Em relação à incidência o FEG pode se apresentar diferentemente entre os gêneros, acometendo, cerca de 85 a 98% de mulheres após a puberdade em todas as raças. (AVRAM, 2004). O estudo de Mirrashed *et al.* (2004) aponta que essa diferença se fundamenta na organização diferenciada do tecido adiposo entre os gêneros. Nas mulheres o tecido adiposo é mais espesso, as células de gordura são maiores e o tecido conectivo é mais frouxo, produzindo maiores saliências ou “fenômeno de colchão”, principalmente com hipertrofia das células de gordura. Nos homens o tecido adiposo é menos espesso, o tecido conectivo é mais firme e numa situação de hipertrofia das células de gordura seriam observadas menos saliências. (TERRANOVA, BERARDESCA e MAIBACH, 2006)

Outro agravante para a incidência ser maior no gênero feminino, seria a influência do hormônio estrógeno, importante para a caracterização deste gênero, que pode atuar como fator predisponente para o FEG. Sua influência será relatada no item 3.3.1.

As regiões mais acometidas do corpo são as nádegas, coxas e abdome, mas pode afetar outras regiões do corpo, exceto as regiões palmar e plantar e couro cabeludo, por exemplo. No sistema tegumentar a celulite afeta preferencialmente a camada da pele denominada derme e o tecido celular subcutâneo ou tecido adiposo, levando a lipodistrofias, formação de nódulos de fibroses, alterações vasculares com resposta esclerosante, resultando no inestético aspecto macroscópico de depressões na pele. (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

3.3 Etiopatogenia

A celulite é uma disfunção estética que apresenta diversos problemas complexos e não se pode relatar uma única causa. A maioria dos autores atribui à etiologia a relação entre diversos fatores, descritos como fatores predisponentes, determinantes ou agravantes e fatores condicionantes. (GUIRRO e GUIRRO, 2004; GODOY e GODOY, 2003; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a).

3.3.1 Fatores Predisponentes

Nesse grupo estão incluídos os fatores que podem predispor ao FEG e a sua soma aos outros fatores gera uma probabilidade razoável de instalação da afecção. Destacam-se a hereditariedade, idade, sexo, biótipo, cor da pele e desequilíbrio hormonal. (BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a)

No que diz respeito à hereditariedade o estudo de Hexsel e Hexsel (2006), abordou que 80% dos pacientes relataram ter parentes de primeiro ou segundo grau com celulite. Segundo o autor, como o problema é facilmente reconhecível, esta informação é altamente indicativa da presença de casos familiares positivos.

Celulite é uma condição clínica e estética que pode aparecer na pré-adolescência, adolescência ou na idade adulta sendo que no estudo de Hexsel e Hexsel (2006), foi

percebida antes dos 20 anos de idade em 65% dos pacientes. Ortonne *et al.* (2008) distinguiu duas subpopulações entre as mulheres com a celulite: as de 21-30 anos, apresentando pouco aspecto de depressões na superfície da pele, com maior diâmetro e aquelas de mais de 30 anos com mais depressões na superfície, porém com diâmetro menor.

Como já foi discorrido, em relação ao sexo o distúrbio afeta, em seu padrão clássico, quase exclusivamente as mulheres. O biótipo refere-se ao formato do corpo, relacionado à distribuição de tecido gorduroso. Quando se associa às mulheres latinas o desenvolvimento da disfunção é maior na região dos quadris, enquanto que as mulheres anglo-saxônicas e nórdicas desenvolvem-no mais na região do abdome. Quando pesquisada influencia da cor da pele no acometimento pela celulite, as mulheres brancas tendem mais ao FEG que as mulheres de cor escura (ROSSI e VERGNANINI, 2000, BACCI e LEIBASCHOFF, 2006^a; TERRANOVA, BERARDESCA e MAIBACH, 2006).

O estrógeno é um dos hormônios importantes na caracterização do gênero feminino, principalmente a partir da adolescência até a menopausa. Ele é importante para determinar a quantidade e disposição de gordura corporal, a qualidade da pele, e as variações fisiológicas, principalmente durante o ciclo menstrual que podem propiciar edema na pele gerando desequilíbrio no sistema tegumentar. Sendo assim, devido as suas características, a presença e os desequilíbrios do estrógeno podem iniciar, agravar e perpetuar o FEG em mulheres, principalmente durante a vida reprodutiva. (PIÉRARD, 2005; TERRANOVA, BERARDESCA e MAIBACH, 2006)

3.3.2 Fatores Determinantes ou Agravantes

Os fatores determinantes ou agravantes podem ser modificados ao longo da vida e neste grupo estão incluídos os itens relacionados principalmente à forma e qualidade de vida e aos hábitos que os indivíduos adotam. Foram reportados a obesidade, o tabagismo, ingestão de bebidas alcoólicas, sedentarismo, estresse, maus hábitos alimentares, uso de contraceptivos hormonais, disfunção hormonal,

obesidade, gravidez, uso de medicamentos, alterações circulatórias e fatores mecânicos ortopédicos (Ciporkin e Paschoal (1992) citado por MEYER *et al.* (2005, p.76); PARIENTI, 2001; GUIRRO e GUIRRO, 2004; AVRAM, 2004; MILANI, JOÃO e FARAH, 2006; FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a).

O tabagismo provoca alterações na microcirculação e diminui a oxigenação dos tecidos, além disso, aumenta a formação de radicais livres. Já a ingestão de bebidas alcoólicas estimula o aumento do tecido adiposo (lipogênese) que diminuiria a vascularização do tecido subcutâneo e interferiria na gravidade da celulite. (ROSSI e VERGNANINI, 2000; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006 a).

O sedentarismo contribui como agravante para o FEG por propiciar aumento da massa gorda, diminuição do retorno venoso levando a estase em membros inferiores (MMII). Essa estase pode ser agravada com o uso de roupas apertadas, períodos longos em uma única posição (sentando ou de pé) e sapato alto que interfere no mecanismo de bombeando muscular nos MMII (AVRAM, 2004; Ciporkin e Paschoal (1992) citado por MEYER *et al.* (2005, p.76); BACCI e LEIBASCHOFF 2006a).

A adoção de uma dieta não-equilibrada com excesso de gorduras e carboidratos provoca aumento da lipogênese, podendo levar a obesidade, sal excessivo provoca retenção líquida, dieta pobre em fibras conduz a constipação e o grande volume do abdome na gravidez e uso de contraceptivos com hormônios aumentam a resistência venosa dentro dos MMII, conduzindo a uma estase possível formação de edema, agravante do FEG. (SMITH, 1995; FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003)

Como fatores agravantes para a celulite Godoy e Godoy (2003) citam obesidade, edema e utilização de fármacos que levam a alteração da permeabilidade capilar e a falta de atividade física e a vida sedentária, como relatado anteriormente. Além disso, confirma que a permanência muito tempo em pé sem a contração dos pés e panturrilha podem dificultar o retorno venoso e linfático. Atribui à atividade física fator importante na prevenção do envelhecimento e na manutenção da estética corporal.

A obesidade é referenciada como agravante do aspecto celulítico. O tratamento da obesidade pode refletir numa melhora do aspecto celulítico, no entanto é importante tratar todos os fatores envolvidos na celulite para a resolução completa da doença; a obesidade seria um fator agravante. Smalls, *et al* (2006) hipotetizaram que a gravidade da celulite diminuiria com a subsequente perda de peso e diminuição da gordura subcutânea na maior parte dos indivíduos. (GODOY e GODOY, 2003)

Dentre os medicamentos que podem influenciar na ocorrência do FEG estão os tratamentos a base de estrogênio, anti-histamínicos, tratamentos contra disfunções na tireóide e beta-bloqueadores, também pode contribuir no desenvolvimento do FEG. (ROSSI e VERGNANINI, 2000)

Também foram analisadas as desordens biomecânicas e sua relação com a presença de celulite. Apesar de autores como Sandoval (2003) relatarem que fatores mecânicos como hiperlordose lombar podem afetar a aparência da celulite, Milani, Natal Filho e João (2008) não encontraram essa relação quando estudaram a correlação entre o grau de comprometimento da celulite e o grau de curvatura da coluna lombar quando medido pelo método de Cobb. Além disso posturas corporais que tendem a comprimir o tecido adiposo em áreas específicas reforçam o aspecto de “casca de laranja”. (QUATRESOOZ *et al.*, 2006; PIÉRARD, 2005)

3.3.3 Fatores Condicionantes

Os fatores condicionantes estão associados às perturbações fisiológicas que o sistema tegumentar sofre diante dos outros fatores citados. Quando esses desequilíbrios ocorrem o tecido apresenta alterações que podem culminar na caracterização do FEG. Esses fatores representam as alterações que podem ser identificadas em estudos microscópicos ou macroscópicos. Dentre essas perturbações têm-se desequilíbrios no tecido adiposo subcutâneo, na microcirculação e na matriz extracelular (TERRANOVA, BERARDESCA e MAIBACH, 2006)

- O tecido adiposo

O tecido adiposo subcutâneo tecido conjuntivo que constitui uma porção do tegumento humano é formado por células denominadas de adipócitos, é um tecido altamente vascularizado, têm uma grande capacidade para variar de volume dentro do corpo e se desenvolve principalmente durante a puberdade, principalmente por influencia de hormônios como o estrógeno. (ROSSI e VERGNANINI, 2000; QUERLEUX *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2005). Além disso, o tecido adiposo tem a capacidade de produzir hormônios atuam no metabolismo das gorduras e representa cerca de 25% peso corporal em mulheres (FONSECA-ALANIZ *et al.*, 2006; SMALLS *et al.*, 2006).

Nürnberg e Müller (1978), citado por SMALLS *et al.*, (2005, p. 38), verificaram que a ultra-estrutura da hipoderme é hormonalmente determinada quando examinou a parte posterior da coxa de fetos do sexo masculino e feminino. As células de gordura possuíam as mesmas características em ambos os sexos até o dia 7 ou 8^o mês, mas as diferenças surgiram nos machos perto do final do terceiro trimestre, que é também o momento em que os testículos do feto começam a produzir andrógenos. Nesse estudo a deficiência de andrógenos nos machos dava a aparência de “casca de laranja” na pele e características histológicas iguais às do sexo feminino.

O aumento (lipogênese) e a diminuição (lipólise) do tecido adiposo é influenciada por vários fatores. A lipogênese é estimulada por fatores alimentares através de fatores como o aumento do hormônio insulina no plasma sanguíneo e através da ingestão calórica excessiva, principalmente quando associada a uma dieta rica em carboidratos. (SMALLS *et al.*, 2006). O acúmulo de adipócitos pode criar depósitos de gordura regional, que pode comprimir tecidos adjacentes e que conduzam a uma redução na microcirculação. A lipólise ocorre através da execução de exercícios físicos diminuem a concentração de insulina no plasma, diminuindo assim o tecido adiposo. (Smalls *et al.*, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2005; FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003)

Com a hipertrofia do adipócito, estimulada pela lipogênese são geradas alterações microcirculatórias que produzem mudanças metabólicas, diminui oxigenação local, aumenta a viscosidade da matriz intersticial deste tecido. Na região acometida ocorre uma reação mesenquimal seguida de hipertrofia e hiperplasia das fibras reticulares pericapilares e periadipocitárias levando a formação de micronódulos e macronódulos alterando a estética da pele. (ROSSI e VERGNANINI, 2000; GONÇALVES *et al.*, 2005)

- A microcirculação

No estudo da microcirculação, fatores endógenos ou exógenos podem alterar a homeostasia da unidade microcirculatória composta por arteríolas, vênulas, e sistema linfático. As alterações endógenas se referem principalmente a desequilíbrios no metabolismo que possam gerar compressão desses vasos, como o aumento do tecido adiposo local. Dentre os agentes externos que podem gerar alterações microcirculatórias cita-se a compressão da pele, longas permanências na mesma postura corporal. (SMALLS *et al.*, 2006; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a).

As disfunções circulatórias sanguíneas poderiam levar a aumento da fragilidade dos capilares resultando em sinais como telangiectasias (formação de pequenos vasos dérmicos), extravasamento sanguíneo na pele (equimoses e petéquias) e sintomas de sensação de peso, parestesia, câimbras, dor nos membros inferiores e diminuição de temperatura na superfície da pele nos locais afetados. (FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003)

Os distúrbios de componentes do sistema linfático podem gerar edema, seja por incapacidade de filtração, pela grande demanda, ou por distúrbio morfológico desse sistema (SMALLS *et al.*, 2005). Hormônios femininos atuam no controle linfático e sua disfunção pode causar desequilíbrio de filtração linfática propiciando a formação de edema, principalmente quando associado ao ciclo menstrual. O edema gerado por esses desequilíbrios torna-se um agravante do aspecto celulítico.

Curri, (1991) citado por ASSUMPTÃO *et al.* (2006, p.216-217) descreve a fisiopatologia da celulite em quatro estágios, tendo o sistema vascular como um dos primeiros a sofrerem. Nesse caso, uma disfunção circulatória seria o mecanismo inicial para a formação do aspecto de depressões na pele, o que corresponderia a um estágio mais avançado da celulite. Esses estágios serão discutidos no item 3.4.2.1.

Godoy e Godoy, (2003, p.26) definem a etiopatogenia da celulite após análise de achados histológicos além de outras alterações:

“ (...) podemos resumir os achados em: alterações anatômicas nas estruturas dos vasos (artérias, veias e vasos linfáticos); alterações no fluxo dos vasos, denunciadas pelas mudanças nos estudos de fluxo e da pressão endoluminal; alterações de permeabilidade capilar, demonstrando modificação no fluxo circulatório, através das paredes dos vasos.”

- Matriz extracelular

A matriz extracelular é uma região formada por fibras (colágeno e elastina) e material intersticial amorfo que circunda os elementos celulares do tecido conjuntivo (fibroblastos, por exemplo). No mecanismo patológico da celulite, a matriz pode se modificar quando ocorre desequilíbrio no seu funcionamento, seja por compressão dos seus elementos ou distensão o que geraria uma resposta no intuito de equilibrar o sistema. (LOTTI *et al.*, 1990)

Os componentes da matriz podem se modificar devido às características genéticas de cada indivíduo porque constitucionalmente ele já pode apresentar um tecido mais frouxo ou denso. Além disso, as modificações podem ocorrer conforme fatores como o aumento da idade, com a influência do hormônio estrógeno, pela distensão causada no período gestacional, obesidade, pela diabetes, uso de corticoesteroides, hipertireoidismo. (SMITH 1995; LOTTI *et al.*, 1990; GODOY e GODOY, 2003; BACCI e LEIBASCHOFF, 2006a).

Em relação aos estudos da matriz extracelular e sua relação com a celulite, Collis *et al.* (1999) relatam que podem ocorrer aumentos da viscosidade dérmica dada pelo aumento de seus componentes. O aumento da viscosidade da matriz comprime os tecidos adjacentes, provocando hipóxia e deficiência na estruturação da pele, edema e a dilatação linfática deixam os feixes de fibras colágenas adelgaçadas. Smalls *et al.* (2005) encontraram esclerose nas fibras da matriz intersticial e edema ao estudar os componentes da matriz extracelular na pele da coxa de pacientes com celulite através do microscópio eletrônico.

Como pode ser visto, todos os fatores descritos podem se relacionar e levar ao aparecimento da celulite. Antecedentes familiares, características individuais e hábitos de vida que gerem desequilíbrio na microcirculação e na gênese do tecido adiposo são apontados como importantes para o aparecimento do aspecto celulítico que, como a gravidade pode gerar alterações histológicas e funcionais mais importantes.

A presença do aspecto de depressões na pele é o reflexo de alterações geradas pelo próprio sistema tegumentar na tentativa de manter seu equilíbrio diante dos variados tipos de interferências, sejam elas provocadas pelo próprio indivíduo ou inerentes à sua constituição, gênero ou idade.

3.4. Classificação do FEG

A classificação do FEG é feita pelo especialista após uma avaliação que pode constar de anamnese, exame físico e exames complementares, na qual o mesmo associa os dados encontrados à sua experiência no intuito de determinar a gravidade da disfunção.

Na avaliação são considerados fatores predisponentes, determinantes ou agravantes ao FEG como os já relatados anteriormente. No entanto, mesmo sendo pontuada na literatura a importância desses fatores como geradores do FEG, é

atribuído ao exame físico realizado através da inspeção e palpação o maior valor na classificação do FEG, onde na maioria das vezes é classificado em quatro graus.

Meyer *et al.*(2005) elaborou um protocolo de avaliação do FEG, denominado PAFEG dividiu os fatores geradores da afecção em grupos como identificação, anamnese, exame físico, classificação, teste de sensibilidade e exames complementares. Foi adicionada uma figura de um corpo do gênero feminino para se pontuar a classificação e a sensibilidade do local.

As respostas aos questionamentos eram dadas através da investigação direta com variáveis diretas através de respostas verdadeiras ou falsas, presença ou ausência de um desses fatores como também através de variáveis qualitativas referentes à frequência como no caso dos hábitos de fumar e ingerir bebida alcoólica.

Assim como nesse estudo de Meyer *et al.* (2005), Assumpção *et al.* (2006) e Guirro e Guirro (2004) utilizam os fatores geradores da afecção e os exames complementares como dados importantes para a existência do FEG, porém não os consideram como parte da classificação que é feita principalmente com base nos testes clínicos de inspeção e palpação. Nesses estudos os fatores e os exames diagnósticos complementares têm uma importância mais acentuada quando se programa o tratamento, sendo muitas vezes utilizado como critérios de inclusão ou exclusão para os recursos a serem utilizados.

As classificações atualmente realizadas são baseadas nos aspectos clínicos, nos estágios evolutivos do FEG, sendo este nominado em graus ou fases, na forma clínica apresentada, de acordo com o perfil dos indivíduos e pelos exames diagnósticos complementares. Esses tipos de classificações serão abordados nos itens seguintes

3.4.1 Classificação do FEG quanto ao aspecto do tecido

O aspecto do tecido é classificado após exame físico de inspeção e palpação, procurando identificar alterações no relevo, cor, presença de disfunções circulatórias como telangiectasias e equimoses, estrias, qualidade da tonicidade muscular e da pele, dor à palpação, aumento no volume e na consistência do tecido adiposo e deformações na pele por aderências.

Dentre os testes clínicos tem-se o teste da “casca de laranja” ou “pele de laranja” e o “teste de prensão” ou “do beliscão”.

No teste da “casca de laranja” pressiona-se a região, até o tecido adiposo, entre os dedos polegar e indicador ou entre as palmas das mãos. O aspecto evidenciado será de “casca de laranja”, que caracterizará a presença do FEG. Para Ulrich, (1982) esse teste é fundamental no diagnóstico do FEG.

No “teste de prensão” pressiona-se a pele juntamente com o tecido adiposo entre os dedos e promove-se uma tração vertical. Caso haja sensação dolorosa mais incômoda que o normal é sinal de FEG onde já se encontra alteração da sensibilidade dolorosa. Ulrich, (1982) relata que esse teste deve ser repetidos em pequenos intervalos do segmento a ser avaliado, a fim de se determinar a extensão da alteração.

No “teste de prensão” relatado por Carvalho (1994) citado por MEYER *et al.*, (2005 p.80) a sensibilidade dolorosa foi quantificada como: sem dor, dor fraca, dor desconfortável, dor angustiante e dor torturante.

Associados a esses testes clínicos, a palpação da região atingida pode revelar nódulos muito duros, correspondentes a nódulos do infiltrado tecidual. Essa palpação é realizada mediante o rolamento do tecido entre os dedos.

O desenvolvimento da celulite clássica é caracterizada por uma mistura de ondeamentos irregulares, pele acidentada, encaroçada e lesões cutâneas

arredondadas. (PIÉRARD, 2005). Associados a esses aspectos existe um pregueamento cutâneo, espessamento aparente e irregular do tegumento e o “aspecto em pele de laranja” ou “fenômeno do colchão”. Na palpação, pode ser identificada a téttrade de Ricoux que relata a presença de evidências clínicas como um aumento da espessura do tecido subcutâneo, maior consistência tecidual e aumento da dor e sensibilidade além de diminuição da mobilidade do tecido. (GUIRRO e GUIRRO, 2004)

Para Smalls *et al.*, (2005) celulite é uma condição complexa que requer mais estudos, a fim de explorar os fatores que podem influenciar e modelar a gravidade dos aspectos clínicos desta.

3.4.2 Classificação do FEG quanto aos graus

As lesões teciduais provocadas pela celulite são classificadas em graus ou estágios evolutivos que variam entre 1 e 4 pela maior parte dos pesquisadores, como será descrito a seguir. Uma classificação diferenciada foi proposta por Bacci e Leibaschoff (2006) e denominada BIMED ou "*biotheological integrated method with Endermologie® and dynamic system.*" A classificação fornece a localização da patologia, associa ao tipo constitucional, indica o prognóstico e também as possibilidades terapêuticas para a classificação elaborada.

A primeira tentativa de classificação foi proposta por Binazzi (1978) citado por BACCI e LEIBASCHOFF (2006, p. 115). Este médico, da Universidade de Bolonha, dividiu a celulite em três classes clínicas denominadas "macia", que se caracteriza por não aderente aos tecidos profundos; "dura", que representa o a celulite aderente ao plano profundo e "mista", um intermediário entre os dois.

Anos depois a classificação proposta por Ulrich (1982) é fornecida após a realização dos testes clínicos de “pele de laranja” e “teste de prensão” que já foram relatados anteriormente. São identificadas alterações cutâneas macroscópicas, a sensibilidade

a dor e é relatado o prognóstico. As lesões teciduais surgem em três estágios que segundo a gravidade se subdividem em celulite branda, moderada e grave.

- A celulite branda é percebida somente pela compressão entre os dedos ou a compressão muscular voluntária. Não há alteração da sensibilidade a dor e o prognóstico é bom;
- A celulite moderada é caracterizada por depressões que são visíveis mesmo sem a compressão dos tecidos, tornado-se mais aparente com a compressão dos mesmos. Quando há luz incidindo lateralmente as margens são fáceis de serem delimitadas e o teste de preensão a dor é presente. Tem a característica de ser frequentemente curável e é passível de melhora.
- Na celulite grave a pele apresenta-se com o aspecto enrugado e flácido observado quando o indivíduo estiver em qualquer posição, ortostática ou em decúbito. No teste de preensão a dor é presente e a pele adquire um aspecto de saco de nozes e as fibras do conjuntivo estão quase totalmente danificadas. Esse grau é considerado incurável, apenas passível de melhora.

Bartoletti, (1987) citado por BACCI E LEIBASCHOFF (2006b, p. 116) repete a classificação de Binazzi para os três primeiros estágios e adicionar uma quarta categoria, nomeada como "falsa celulite". Essa classificação caracteriza um tecido flácido em excesso e não aderente aos planos profundos, com pouca tonicidade muscular.

As classificações propostas pelos autores supra citados são limitadas ao aspecto dos tecidos. Essa abordagem tem valor clínico no diagnóstico da celulite sendo bastante utilizada na avaliação clínica diária dos pacientes até os dias atuais, porém não reflete os fatores que geraram a disfunção.

3.4.2.1 Classificação do FEG quanto aos graus, fases e grupos associada a exames complementares.

A classificação proposta por Curri (1988) citado por BACCI e LEIBASCHOFF (2006b, p. 116) é denominada de funcional, pois incluiu exames complementares como apoio na classificação. Nesta classificação existe a utilização da termografia, instrumento que descreve os padrões de temperatura do tecido, revelados pela plotagem da microcirculação e oxigenação. Esse autor considera a classificação baseando-se nas condições circulatórias do tecido. Foram descritas cinco classes descritas como T0: vascularização normal; T1: início de áreas com hipo oxigenação; T2: áreas com hipo oxigenação e hipometabolismo; T3: áreas com evolução nodular; T4: pele de Leopardo como fibroses.

Em estudos posteriores, Curri 1991 citado por ASSUMPÇÃO *et. al* (2006, p.216-217) considera na avaliação a histopatologia, as condições clínicas do tecido como modificações na temperatura, presença de distúrbios angiológicos e alteração no volume dos adipócitos e descreve quatro estágios de acometimento. Assim como esse autor, Smith (1995), Rossi e Vergnanini, (2000) Guirro e Guirro (2004) Bacci e Leibaschoff (2006a) descrevem e subdividem em quatro fases atentando para a anatomia patológica do tecido acometido pelo FEG.

- Fase 1 - Não existem problemas estéticos. Redes de capilares são perdidos na região dérmica como resultado de uma ruptura na integridade dos vasos sanguíneos. Há a retenção de líquidos no interstício e pode ocorrer aglomeração de células de gordura do tecido subcutâneo.
- Fase 2 - Sinais visuais mínimos nas coxas, ou seja, a superfície da pele com ligeira granulidade. A microcirculação é afetada pela heterogeneidade dos vasos sanguíneos, algumas áreas são normais, enquanto outros sofrem de redução no fluxo sanguíneo. Ocorrem mais aglomerações de células de gordura do tecido subcutâneo e retenção de líquidos no interstício.

- Fase 3 – O teste de pele de laranja agrava a aparência da celulite. Existe uma continuação da Fase 2 com processos que levam a redução do metabolismo dérmico devido a deteriorização da circulação. O tecido adiposo é incorporado em depósitos de proteína reticular formando micronódulos.
- Fase 4 – Aparência da região da pele é muito heterogênea. Os micronódulos são agregados formando macronódulos que são encontrados na região dérmica e são localizadas à palpação. Os nódulos são cercados por uma proteína dura da camada reticular.

Milani, Natal Filho e João (2008) estabeleceram quatro níveis de acometimento considerando a análise obtida após palpação e execução dos exames complementares de fotografia e termografia.

- Grau 1: Significado assintomático ou latente, sem alterações clínicas;
- Grau 2: As alterações foram mais visíveis devido à palpação ou contração muscular, e eles incluíram alterações ao sistema circulatório, ausência de dor, e redução na temperatura da pele e elasticidade;
- Grau 3: Quando uma aparência de "casca de laranja" foi visível mediante simples inspeção e alterações foram similarmente visível no tecido mesmo sem compressão, e as alterações tornaram-se mais aparentes sob compressão, com estas mudanças que envolvem a presença de nódulos durante a palpação e alterações na sensação de dor;
- Grau 4: Alterações poderiam ser observados em qualquer posição do sujeito, e estas eram grandes e nódulos dolorosos aderidos ao dos tecidos profundos. Neste último grau, a pele apresentou-se flácida e amassada, resumindo a aparência. A fibrose foi uma característica dominante, sensações de dor foram aumentadas e o comprometimento do tecido nervoso pode estar presente.

A classificação BIMED proposta por Bacci e Leibaschoff (2006b) é baseada em diversas imagens de referência onde o avaliador dá uma pontuação, permitindo assim a construção de um código final que exprime o acometimento do indivíduo pela patologia. Através dessa abordagem é possível um planejamento mais acurado da estratégia terapêutica, a elaboração de estatísticas epidemiológicas e terapêuticas e também o acompanhamento da afecção.

A classificação foi baseada na classificação CEAP (C-clínica, E-etiotologia, A-anatomia, P-fisiopatologia) que permite uma padronização de estudos clínicos e é universalmente reconhecida para a classificação de doenças venosas e linfáticas. A classificação é caracterizada em quatro grupos e cada um identifica uma característica ou um determinado grupo de patologias

- Primeiro grupo: Indica o tipo constitucional do paciente (andróide, ginóide, e de normal) e a presença de sintomas objetivos e subjetivos, tais como peso, parestesia e dores através da afirmação ou negação. Considera os motivos que levaram o paciente à consulta como motivações estéticas e médicas.
- Segundo grupo: Indica o constitucional do paciente e as características nutricionais (doentes magros, pacientes que estão com sobrepeso, e ideal para pacientes). Estes três grupos podem ser divididos em subgrupos que indique a presença ou ausência de alterações do tecido adiposo como ligeira lipodistrofia ou lipodistrofia avançada.
- Terceiro grupo: Indica os três principais tipos de lesão encontradas na celulite e agravadas pela presença de lipodistrofia. As lesões são lipedema (edema associado presença de tecido adiposo), vasculopatia veno-linfática ("doença varicosa" ou "insuficiência veno-linfática") e flacidez cutânea (patologia do tecido conjuntivo).
- Quarto grupo: Indica a presença localizada ou difusa de adiposidade passíveis de tratamento cirúrgico, como presença de culote.

Após a classificação se obtém o código BIMED que fornece a localização da patologia, a associação ao tipo constitucional, indicações prognósticas e também possibilidades terapêuticas para a classificação elaborada. Por exemplo, na presença de sintomas em membros inferiores o presumido diagnóstico pode ser orientado para insuficiência veno-linfática. Para o autor, sempre que sintomas venosos e linfáticos forem encontrados, tratamentos que incluam drenagem linfática manual devem ser considerados.

3.4.3 Classificação do FEG quanto às formas clínicas

A classificação baseada em formas clínicas é realizada principalmente de acordo a faixa etária e aos hábitos de vida. Sendo assim, espera-se que aquele grupo apresente determinado aspecto da pele e outras disfunções teciduais identificadas por exames de inspeção e palpação. As classificações são denominadas de FEG duro, Flácido, Edematoso ou Misto. Leonard (1970) e Bertrand (1976) e citados por GUIRRO e GUIRRO (2004, p. 365-366), (Cariel, 1982 citado por ASSUMPÇÃO *et al.* 2006, p. 215-216)

O FEG duro acomete em sua maioria indivíduos jovens, que praticam atividade física e possuem músculos definidos, indivíduos magros ou com excesso de peso que nunca perderam quantidade de tecido adiposo importante. Em relação às disfunções teciduais apresenta um grande espessamento da pele e possui uma conformação bastante regular e uniforme, porém sem mobilidade entre os tecidos superficiais e profundos. No teste de preensão são identificadas a pele com aparência de casca de laranja e à palpação são encontradas zonas endurecidas. É possível identificar zonas com pouca vascularização, pele seca, rugosa e com possível presença de estrias.

O FEG Flácido relaciona-se a indivíduos após a terceira década que perderam peso sem atividade muscular associada, sedentários e com massa muscular pouco desenvolvida. Em relação ao aspecto os tecidos superficiais apresentam-se sem consistência, deformando-se de acordo com a posição adotada. Na palpação é

possível se moldar os tecidos devido à característica de flacidez apresentada. Normalmente encontra-se déficit circulatório, varizes e sensação de peso. Essa forma pode representar a evolução da forma dura não tratada.

O FEG Edematoso pode ser encontrado em indivíduos de qualquer faixa etária ou peso que possuem desequilíbrios circulatórios que possam gerar edema. Em relação ao aspecto apresenta edema tecidual puro e simples e de consistência variável principalmente nos membros inferiores. Na palpação percebem-se placas rígidas, aparência em “pele de laranja” e edema à prensão digital.

Além desses três tipos ainda há o FEG misto, onde se encontra em diferentes partes do corpo as variações dos tipos já apresentados, como FEG duro na região lateral de coxa e FEG flácido no abdome.

Como foi mencionado no tópico 3.4.2.1 foram mostradas algumas classificações do grau do FEG associadas a exames complementares, identificando assim uma forma funcional de classificar a afecção. O tópico seguinte traz alguns destes exames que podem auxiliar na classificação da disfunção.

3.4.4. Exames complementares para a Classificação do FEG

Os exames complementares auxiliam na classificação do FEG como também servem como ferramenta para acompanhar os resultados de uma intervenção terapêutica. Dentre eles temos o exame antropométrico, termografia cutânea, impedância bioelétrica, monofilamentos de Semmes-Weinstein, ultra som de alta resolução, ecografia bidimensional xerografia, ressonância nuclear magnética e exames anatomo-patológicos

O exame antropométrico é freqüentemente utilizado devido sua simplicidade e baixo custo (PITANGA, 2004). Pode-se mensurar o peso (kg), altura (m), circunferência de regiões do corpo, através de uma fita métrica. Através do cálculo do índice de massa corporal pela fórmula: peso (kg) dividido pela altura (m) ao quadrado é

possível classificar o indivíduo, de acordo com os critérios recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1990) em IMC < 18,5kg/m² (Baixo peso); IMC ≥ 18,5 e até 24,9kg/m² (Eutrófico); IMC ≥ 25 e até 29,9kg/m² (Sobrepeso) e IMC ≥ 30,0kg/m² (Obeso). É um método quantitativo que pode ser utilizado na avaliação da obesidade e como uma medida indireta das densidades do panículo adiposo. Essa mensuração é importante, principalmente porque o FEG pode ser agravado com a obesidade. (MIRRASHED *et al.* 2004)

Tabela: 3.1 Índice de Massa Corporal e relação com a obesidade.

Classificação IMC	
Abaixo - 18,5	Baixo peso
18,5 - 24,9	Eutrófico
25 - 29,9	Sobrepeso
30 - 34,9	Obesidade grau 1
35 - 39,9	Obesidade grau 2
Acima - 40	Obesidade grau 3

Organização Mundial da Saúde (OMS, 1990)

A termografia é um método para avaliar a temperatura da superfície de pele que utiliza placas flexíveis compostas de cristais termossensíveis de colesterol. A técnica consiste em submeter a área a ser avaliada ao termógrafo após repouso de 15 minutos de repouso numa temperatura ambiente entre 20 e 24°C. A cor da placa muda de acordo com a temperatura da pele. Para avaliar o resultado considera-se as características da imagem apresentada. Nas imagens homogêneas e uniformes, com uma cor verde ou rósea, indicam grau 1, enquanto imagens manchadas, com zonas escuras (“buracos negros” e “pele de leopardo”) indica graus mais avançados. (SÁNCHEZ, *et al.*, 1994; FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003; MILANI, NATAL FILHO E JOÃO, 2008)

Esse método diagnóstico foi utilizado para verificar os efeitos do tratamento fisioterapêutico com vacuoterapia nos estudos de Figueiredo (2007) e Sampaio e Barreto (2006), onde foi evidenciada uma redução do envolvimento circulatório da

região abordada indicando assim uma diminuição do aspecto clínico do FEG. A maior vantagem é por se tratar de um método barato, no entanto fatores como a necessidade de ter a temperatura e umidade do local da aplicação do teste nos parâmetros estabelecidos, condições que alterem a circulatórias do corpo e conseqüentemente a temperatura (como exposição solar e ciclo menstrual) podem alterar os resultados.

A análise da impedância bioelétrica é um método de avaliação da composição corporal, ou seja, massa de gordura e a massa corporal magra (massa óssea, massa muscular e massa residual – órgãos e pele) através da resistência aparente de um circuito através do fluxo de uma corrente alternada. (PITANGA, 2004). Como foi relatada, a presença de tecido adiposo em excesso pode agravar a celulite, o que faz desse exame um recurso complementar importante. (FRANCISCHELLI NETO, FRANCISCHELLI e OLIVEIRA, 2003)

Apesar de ser considerado um exame rápido, não invasivo uma das principais desvantagens estão associadas aos fatores que alteram o estado de hidratação do indivíduo, o que pode gerar viés nos resultados. Além disso não caracteriza o volume local e as alterações circulatórias tecido adiposo. (PITANGA, 2004), (MENDONÇA *et al.*, 2007).

O Ultra-som de alta resolução é utilizado nas imagens *in vivo* de indivíduos portadores de FEG e fornece informações sobre o tecido conectivo da camada cutânea, irregularidades na superfície entre derme e hipoderme. No entanto, pelo fato de não alcançar níveis profundos de tecido não avalia o tecido adiposo subcutâneo e por isso não pode fornecer informações da histopatologia das células de gordura (LUCASSEN *et al.*, 1997; COLLIS *et al.* 1999; MIRRASHED *et al.*, 2004)

Um exame que poderia estar associado ao Ultra-som de alta resolução é a Ecografia bidimensional, pois permite avaliação do tecido subcutâneo, identifica a presença de nódulos e o diâmetro deles, e como também a densidade do tecido conjuntivo ao redor. A associação com o efeito “doppler” avalia a circulação local. Para os melhores resultados é necessário um avaliador experiente (ROSSI e VERGANANINI, 2000; GUIRRO e GUIRRO, 2004)

A Xerografia consiste em irradiação da pele com raios X utilizando um campo eletromagnético modificado no intuito de identificar as diferentes espessuras da epiderme, derme, tecido adiposo e músculos. É um método válido para controle da evolução dos infiltrados, no entanto não provê dados para a avaliação microcirculatória (MENDONÇA *et al.*, 2007; ROSSI e VERGANANINI 2000; GUIRRO e GUIRRO, 2004).

As disfunções de sensibilidade tátil do tecido podem ser avaliadas pelos monofilamentos de Semmes-Weinstein. Com esse instrumento é possível detectar disfunções sensitivas e acompanhar o progresso terapêutico, principalmente naqueles indivíduos que apresentam FEG nos graus moderado e grave, ou seja, que já apresentam alterações de sensibilidade. O examinador poderá quantificar os níveis de alterações sensitivas por meio da sensação de pressão fornecida pelo instrumento. A sensibilidade é avaliada na faixa de 0,05g (normal) até 4,0g (perda do tato leve) (MEYER *et al.* 2005).

A Ressonância Nuclear Magnética (RNM) é um método não invasivo que possibilita o estudo detalhado da espessura e alterações estruturais na derme e arquitetura do tecido subcutâneo, além da análise quantitativa do tecido conectivo e adiposo, pelo plano coronal. (QUERLEUX *et al.*, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2007). A RNM Foi utilizada por Meyer *et al.* (2008) como meio de avaliação de uma técnica de drenagem linfática no tratamento do FEG. O exame histopatológico é um método direto e preciso de avaliação, porém é invasivo gerando perda tecidual no local retirado. (GUIRRO e GUIRRO, 2004)

Este capítulo abordou os aspectos relacionados à celulite, como conceito, etiopatogenia, os tipos de classificações existentes, além de exames complementares utilizados para seu diagnóstico. Foram relatados os fatores etiopatogênicos subdivididos em fatores predisponentes, determinantes ou agravantes e fatores condicionantes que foram utilizados como base para a construção do modelo *fuzzy* a ser descrito no capítulo metodologia. Aos fatores predisponentes foi associada à variável antecedentes pessoais (AP), aos fatores determinantes ou agravantes foi associada a variável história atual (HA) e aos

fatores condicionantes foi associada a variável Disfunções Tegumentares (DT). A descrição dessas variáveis ocorrerá no capítulo seguinte.

Vale salientar que na literatura consultada sobre a classificação do FEG, não foram encontrados métodos que representassem percentuais de acometimento nem os que associassem os fatores etiopatogênicos à disfunção clínica apresentada para a classificação do distúrbio, principalmente uma classificação quantitativa.

Através do modelo computacional baseado no sistema de inferência *fuzzy* é possível relacionar as múltiplas variáveis associadas à etiopatogenia da disfunção e obter como resposta um grau de comprometimento pelo FEG de forma quantitativa. Esse modelo poderá servir de apoio para a classificação do FEG do especialista, nortear a abordagem terapêutica, além de poder se constituir como uma ferramenta para o prognóstico quanto ao acometimento pelo FEG tanto do paciente quanto de grupos de indivíduos com características semelhantes de FEG. Sendo assim, no capítulo seguinte será apresentada a metodologia do trabalho.

Metodologia

4.1 Introdução

Nos capítulos anteriores foram apresentadas as fundamentações teóricas de Fibro Edema Gelóide e da Lógica *Fuzzy* direcionadas para o objeto de estudo desse trabalho. O FEG possui etiologias diferenciadas que culminam em alterações estéticas e funcionais para a saúde do indivíduo que é caracterizado como saudável quando possui um equilíbrio biopsicossocial. (MEYER *et al.* 2005). A escolha da metodologia fuzzy foi devido à possibilidade de se modelar vários fenômenos imprecisos no intuito de se obter uma resposta quantitativa daquela agregação como é o caso da caracterização do FEG.

Conforme já apresentado, o objeto principal do estudo é a construção de um modelo computacional utilizando o sistema de inferência *fuzzy* para determinação do grau de comprometimento pelo FEG. Após sua construção, o modelo teve seu comportamento avaliado através da análise de coerência com as respostas das fichas de avaliação utilizadas em aulas práticas da disciplina fisioterapia dermatofuncional de uma instituição privada de ensino superior na cidade de Salvador-BA.

Neste capítulo serão caracterizados os instrumentos utilizados neste trabalho, a descrição da construção dos mesmos, o processo de validação da ficha de avaliação e a análise do comportamento do modelo.

4.2 Instrumentos utilizados

Em relação à descrição dos instrumentos de investigação, inicialmente será abordado o processo de construção da ficha de avaliação do FEG, ordem de acontecimento da construção deste trabalho. Além disto a ficha de avaliação contém algumas definições que foram utilizadas para a construção do modelo.

4.2.1 A ficha de avaliação

Serão descritos nos itens subsequentes o desenvolvimento, o processo de validação da ficha de avaliação, o conteúdo e o formato das respostas aos questionamentos contidos na mesma.

4.2.1.1 Desenvolvimento e validade da ficha de avaliação

A ficha de avaliação proposta (Apêndice A) foi baseada principalmente no Protocolo de Avaliação do Fibro Edema Gelóide – PAFEG, (Anexo A) desenvolvido e validado por Meyer *et. al.* (2005) e autores já citados no capítulo de FEG do presente trabalho.

Após a seleção dos itens, a ficha de avaliação passou pelo processo de validação de face e de conteúdo através de 2 fisioterapeutas mestres que atuam na área de fisioterapia dermatofuncional. Diante da ficha, esses profissionais analisaram seu conteúdo, o nível de compreensão das questões, os formatos das respostas, a extensão da ficha, realizaram julgamento técnico a respeito da inclusão ou exclusão e organização dos itens e sugeriram agrupamento entre eles.

Diante da seleção prévia pelo pesquisador e da análise dos profissionais, a ficha foi finalizada contendo itens referentes aos dados sócio-demográficos, classificação do

FEG quanto ao grau e quanto à forma clínica e foram criados seis grupos com seus respectivos itens relacionados à classificação do FEG denominados de: antecedentes patológicos, história atual, medicamentos, antecedentes familiares, disfunções circulatórias, disfunções teciduais (cutânea e subcutânea).

Em relação ao formato das respostas os seis grupos foram analisados conforme o modelo Likert de cinco pontos, já descrito no item 2.3.4.2. Os outros itens foram analisados de forma descritiva ou numérica. A metodologia do formato das respostas será descrita no subitem 4.2.1.3.

4.2.1.2 Conteúdo da ficha de avaliação

Na ficha constam os itens referentes aos grupos listados abaixo. Nesse item serão descritas as forma que os mesmos foram avaliados.

- A. Dados sócio-demográficos
- B. GRUPOS
 - 1. Antecedentes patológicos
 - 2. História atual
 - 3. Medicamentos
 - 4. Antecedentes familiares
 - 5. Disfunções circulatórias
 - 6. Disfunções teciduais (cutânea e subcutânea)
- C. Classificação do FEG (Grau e Forma Clínica)

Na avaliação dos itens dos grupos dados sócio-demográficos, antecedentes patológicos, história atual, medicamentos e antecedentes familiares, o próprio avaliado pontuou na ficha

Na avaliação das disfunções circulatórias, os itens relacionados à avaliação de edema, telangiectasias, varizes e equimoses foi realizada pelo especialista através

de inspeção e palpação. Após as avaliações os itens foram pontuados na ficha pelo especialista.

No item relacionado à apresentação da temperatura da pele diminuída, foi considerada a sensação térmica do avaliado. Para esta análise o avaliador solicitou que o mesmo tocasse o dorso de uma das mãos contra a pele do glúteo, coxa e pernas e em seguida pontuasse na ficha de avaliação, de acordo com as possibilidades de respostas da ficha, quanto que a temperatura da pele estava diminuída. Essa metodologia de avaliação foi descrita por Burihan e Baptista-Silva (2003).

A avaliação das Disfunções teciduais (cutânea e subcutânea) foi realizada pelo especialista com o avaliado em ortostase, e com foco nas regiões de glúteos, face posterior e lateral de coxas. O exame físico constou de inspeção e palpação, testes de “casca de laranja” e do teste de preensão. Na execução do teste foi avaliado o aspecto do tecido sem contração muscular e após solicitação de contração muscular voluntária das regiões analisadas. Esses testes foram descritos no capítulo de FEG, item 3.4.1. Após as avaliações, os itens foram pontuados na ficha.

Para a classificação do FEG (Grau e Forma Clínica) no fim da ficha, foi solicitado ao avaliador que atribuísse uma classificação para o FEG em relação do Grau e Forma Clínica, conforme sua experiência. Essas classificações foram descritas nos itens 3.4.2 e 3.4.3.

4.2.1.3 Formato das respostas aos questionamentos

A respostas às perguntas dos seis grupos acima descritos foram organizadas conforme o modelo de variáveis descrito por Likert e fundamentada no capítulo de variáveis Fuzzy item 2.3.4.2. Através desse modelo é possível mensurar opiniões e atitudes onde as proposições são individualmente graduadas e podendo variar o número de intervalos. Nesta pesquisa foi adotada a escala de cinco pontos e a cada número foi atribuída uma variável descritiva, como descrita a seguir.

Os itens dos grupos antecedentes patológicos, história atual e medicamentos foram questionados através das variáveis descritivas referentes à frequência de exposição (Índice de Frequência): Sempre (1), Com Frequência (2), Às vezes (3), Raramente (4), Nunca (5).

Os itens dos grupos antecedentes familiares, disfunções circulatórias e disfunções teciduais foram analisados através das variáveis descritivas referentes à quantidade de comprometimento (Índice de acometimento): Todos, total (1), Muitos (2), Alguns (3), Poucos (4), Nenhum (5).

Os dados numéricos apresentados pela escala Likert foram correlacionados com a classificação de gravidade do FEG. Foi adotado que quanto mais próximo da indicação numérica 5 da escala de likert, menos grave é o FEG, ou seja se aproxima do grau 1, como mostra a figura 4.1.

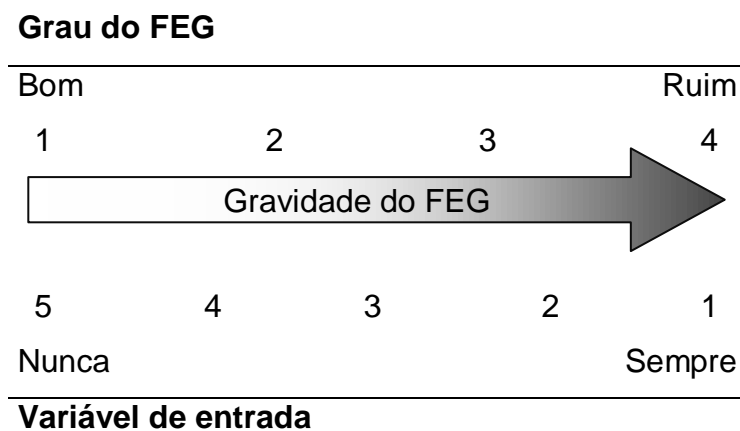


Figura: 4.1 Relações entre a variável de entrada quantitativa e sua associação com grau do FEG.

Tendo como exemplo um questionamento da ficha (Anexo A): “utiliza anticoncepcional (hormônio)”. Se a resposta for 1 (sempre) este item está relacionado a maior probabilidade de ser acometido pelo FEG 4 (ruim)

As respostas às perguntas dos dados sócio-demográficos e quanto a classificação do FEG pelo especialista foram de forma quantitativa para: idade (anos), GPA, peso

(kg), altura (cm) e qualitativa para gênero, cor da pele, estado civil, escolaridade e profissão.

4.2.2 Modelo computacional baseado no sistema de inferência fuzzy

Serão descritos nos itens subsequentes o desenvolvimento e o conteúdo do modelo computacional baseado no sistema de inferência *fuzzy*

4.2.2.1 Desenvolvimento e conteúdo do modelo computacional baseado no sistema de inferência fuzzy

Conforme a metodologia proposta por Thé (2001), para se construir um Sistema Especialista empregando lógica *fuzzy*, são recomendados:

- Definir o problema
- Definir os conjuntos difusos e suas variáveis lingüísticas
- Definir as regras difusas
- Construir o sistema
- Testar e validar o sistema
- Fazer os ajustes no sistema

Serão descritos a seguir como se procedeu a construção do sistema especialista empregando a lógica *fuzzy*.

- Definir o problema

O problema é gerar um modelo para identificar o grau de comprometimento pelo FEG baseado nos fatores etiopatogênicos dessa afecção. Como foi descrito no capítulo de FEG trata-se de uma disfunção que possui múltiplos fatores causais e sua classificação tradicional é baseada essencialmente na clínica apresentada pelo tecido.

- Definir os conjuntos difusos e suas variáveis lingüísticas

Na construção do sistema fuzzy, as escolhas das variáveis de entrada foram embasadas nos estudos sobre a etiopatogenia do FEG descrito no item 3.3 e nos grupos de variáveis descritas na ficha de avaliação, sendo então determinadas variáveis de entrada e variáveis de saída do sistema. (Figura 4.2)

Como foi visto, na ficha de avaliação existiram seis grupos e para a determinação das variáveis lingüísticas eles foram reduzidos a três pela similaridade do seu conteúdo. Sendo assim, as variáveis lingüísticas de entrada foram:

- **Antecedentes Patológicos (AP)** (antecedentes patológicos e antecedentes familiares);
- **História Atual (HA)** (história atual, medicamentos);
- **Disfunções Tegumentares (DT)** (disfunções circulatórias, disfunções teciduais (cutânea e subcutânea))

Para cada variável *fuzzy* de entrada foram atribuídos valores fuzzy representados por variáveis descritivas.

- A variável *fuzzy* Antecedentes Patológicos: foram utilizados três valores fuzzy que são “ruim”, “bom” e “excelente”;
- A variável *fuzzy* História Atual: foram atribuídos os valores “muito provável”, “provável” e “improvável”

- A variável *fuzzy* Disfunções Tegumentares: foram atribuídos os valores “grave”, “média” e “branda”.

A escolha dos valores *fuzzy* da variável “Disfunções Tegumentares”, foi fundamentada na classificação dada ao FEG por Ulrich (1982, p.19-21)

As respostas do modelo (variáveis de saída) foram classificadas em Grau 1, Grau 2, Grau 3, Grau 4 de acordo com a classificação mais utilizada na literatura, descrita nos itens 3.4.2 e 3.4.2.1

Após a escolha das variáveis, determina-se a função e o intervalo numérico associado às variáveis de entrada linguística. As funções utilizadas na construção do modelo foram: a função do tipo triangular e a função gaussiana com o objetivo de verificar o seu comportamento e então escolher a que melhor representa o modelo. A escolha dessas funções foi baseada na revisão apresentada no capítulo de fundamentação fuzzy no item 2.3.3. O intervalo foi de 1 a 5 (baseado na escala Likert, como já descrito).

Na figura 4.2 estão descritas as variáveis de entrada (e seus respectivos valores fuzzy) e o intervalo para a função de pertinência triangular. Estão descritos no apêndice B as variáveis de entrada e saída do modelo e o intervalo para a função de pertinência gaussiana.

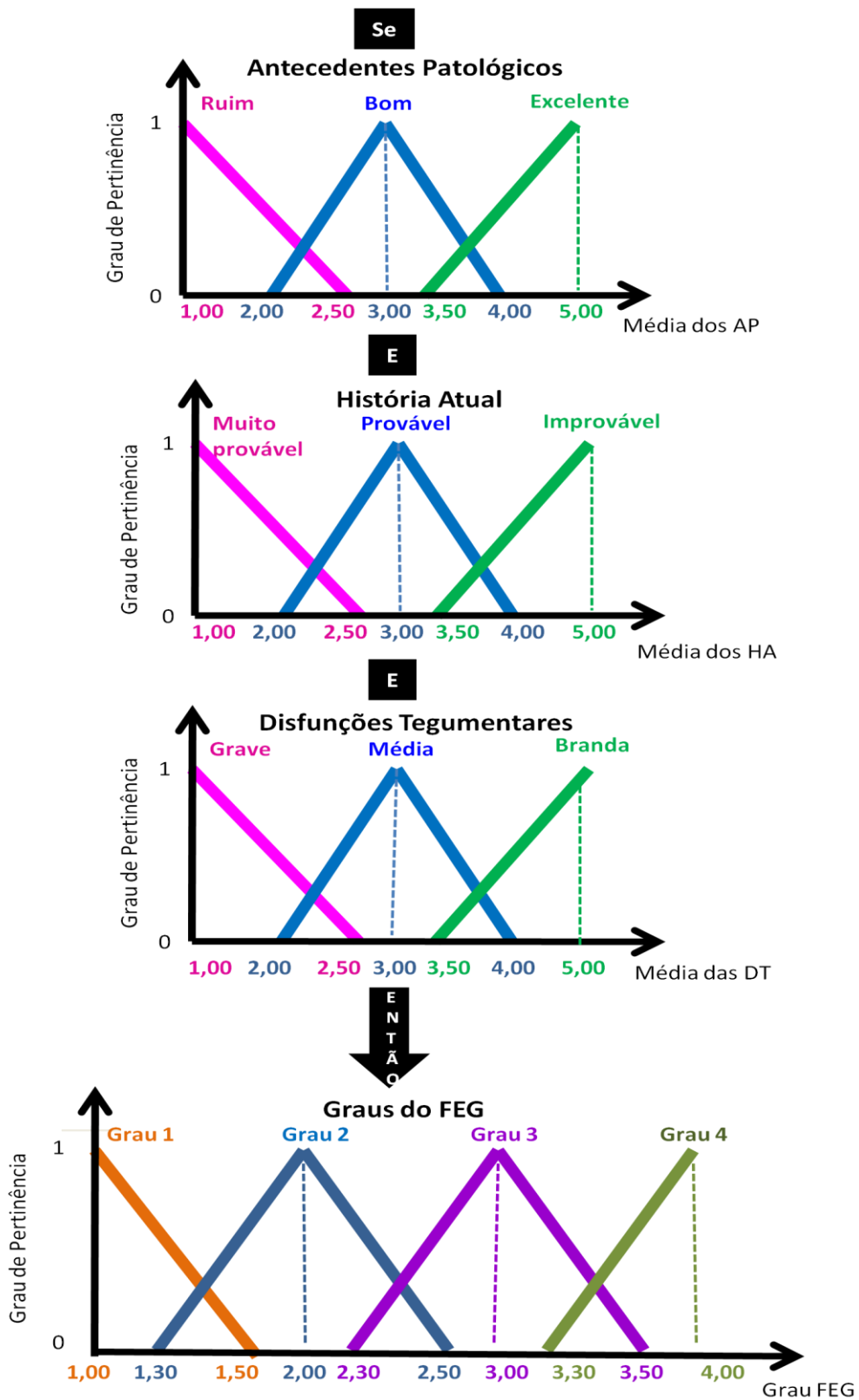


Figura 4.2 Conjuntos *fuzzy*, variáveis lingüísticas e valores *fuzzy* para função de pertinência triangular.

- Definir as regras difusas

A inferência é a etapa da tomada de decisão do raciocínio *fuzzy*. Nesta etapa são determinados os graus de pertinência de cada conjunto de entrada que vão auxiliar na resposta do modelo. O procedimento de inferência utiliza os dados referentes à definição das funções, ao tipo de variável numérica que somados à base de regras fornece uma resposta ao modelo.

A base de regras é montada através da condicional do tipo Se (antecedente) – Então (conseqüente), como demonstrado no capítulo de fuzzy item 2.3.5. Neste estudo a base de regras foi montada por especialista em fisioterapia Dermato-Funcional. Para a construção das mesmas, foi apresentado o apêndice C e foi solicitado que ele identificasse (sublinhando) o tipo de relação possível das três variáveis de entrada e apontasse uma variável de saída. A relação entre as variáveis de entrada poderia ser feita através dos conectivos lógicos “e”, “ou” e da negação ou a não interferência daquela variável para o grau do FEG, como demonstrado no exemplo das figuras 2.2.14 e 2.2.15 descritas no capítulo de *fuzzy*.

- Construir o sistema

Após as etapas anteriores, o sistema foi construído no ambiente computacional MATLAB versão 7.0. Ao se construir um modelo *fuzzy* nesse ambiente o primeiro a se escolher é o tipo de inferência, que nesse trabalho foi o do tipo Mamdani.

- Testar e validar o sistema

O processo de validação do modelo foi através da análise de coerência com a ficha de avaliação como foi descrito no item 4.2.1 e seus subitens.

- Fazer os ajustes no sistema

Pode ser necessário realizar correções na função de pertinência e base de regras para melhorar o desempenho do modelo. A função de pertinência pode sofrer alterações no coeficiente (alterando assim seus valores) e podem ser excluídas ou adicionadas regras para ajustar melhor o modelo.

4.3 Avaliação do Comportamento do Modelo

Para a avaliação do comportamento do modelo computacional foram realizadas simulações como o objetivo de identificar a coerência da resposta do modelo em relação à resposta da ficha de avaliação dada pelo especialista e análise estatística. Além disso, foram realizadas simulações no intuito de identificar a sensibilidade do mesmo diante da mudança de valores de algumas variáveis de entrada, como será descrito no decorrer deste item.

Na análise estatística foram calculados o erro absoluto, o desvio padrão e o desvio médio absoluto entre os dados de saída do modelo (o grau de comprometimento pelo FEG ou grau FEG *fuzzy*) com a classificação do FEG dado pelo especialista na ficha de avaliação (GFE).

4.3.1 Instrumento de avaliação do comportamento do modelo

Para avaliação do comportamento do modelo foram utilizadas fichas de avaliação do FEG. No item 4.2.1 deste capítulo foi descrita a metodologia de construção da ficha.

4.3.2 Seleção das fichas para avaliação do comportamento do modelo

Foram selecionadas fichas de avaliação do FEG de indivíduos com idade de 20 a 30 anos utilizadas em aulas práticas da disciplina Fisioterapia Dermato-Funcional de uma Instituição Privada de ensino superior na cidade de Salvador-BA. A coordenação do curso de Fisioterapia desta Instituição permitiu a utilização das fichas e de seus referidos dados como instrumento para validação desta dissertação de mestrado, conforme anexo B. A aplicação das fichas foi realizada pelos acadêmicos e pelo docente, como descrito no item 4.2.1.3, no período de agosto de 2007 a novembro de 2007.

4.3.3 Tabulação e tratamento dos dados

Utilizou-se o programa Microsoft Office Excel 2007 para tabular os dados da ficha e para realizar tratamento dos dados. Os dados quantitativos foram tabulados de forma direta enquanto que para os qualitativos criou-se um código conforme o apêndice D.

Para a tabulação da maior parte dos itens da ficha utilizou-se o exemplo descrito no item 4.2.1.3: “utiliza anticoncepcional (hormônio)”. Se a resposta for 1 (sempre) este item está relacionado a maior probabilidade de ser acometido pelo FEG 4 (ruim). Foi tabulado o valor 1 na planilha.

No entanto, a tabulação dos itens “ingere muita água”, “ciclo menstrual é regular”, “pratica atividade física aeróbica”, “pratica atividade física anaeróbica” e “dorme bem” foi diferente para se adequar à análise dos dados.

Tendo como exemplo o item “pratica atividade física aeróbica”. Se a resposta for 1 (sempre), conforme a figura 4.1, este item está relacionado a maior probabilidade de ser acometido pelo FEG 4 (ruim). No entanto, fazer atividade física está relacionado à menor probabilidade de ser acometido pelo FEG, como foi visto no capítulo 3.

Sendo assim, foi tabulado o valor oposto na planilha o que estaria relacionado a um menor acometimento pelo FEG. Como a resposta foi 1, o valor tabulado foi 5. Para outros valores a tabulação ocorreu: a pontuação 2 passou a ser 4; a pontuação 3 continuou 3; a pontuação 4 passou a ser 2; a pontuação 5 passou a ser 1.

Os dados quantitativos referentes aos seis grupos da ficha foram reduzidos a três mantendo a mesma nomenclatura das variáveis lingüísticas fuzzy, vista no item 4.3.2. Com a redução não houve perda de conteúdo, somente um agrupamento para ser submetido ao processo de avaliação do comportamento do modelo. A média foi utilizada como estatística para o tratamento dos dados dos três grupos.

4.3.4 Simulações para avaliação do comportamento do modelo

Serão descritas as simulações realizadas para verificar o comportamento e a sensibilidade do modelo.

- **Escolha da função de pertinência do modelo**

As funções de pertinência dos tipos triangular e gaussiana, tipos mais utilizados na área de saúde, foram utilizadas nas simulações no intuito de verificar o comportamento da variável de saída FEG *fuzzy*. No intuito de verificar qual tipo de função se adéqua melhor a classificação do FEG e assim prosseguir com as simulações do modelo, utilizou-se a classificação do FEG proposta pelo especialista contida na ficha de avaliação.

- **Graus de comprometimento pelo FEG após simulação do modelo**

Simular o comportamento do modelo Grau FEG *Fuzzy* quando submetido a diferentes combinações entre as variáveis de entrada.

- **Sensibilidade do modelo quando submetido a mudanças na variável de entrada história atual do modelo FEG *fuzzy* e da ficha de avaliação.**

Foram mantidos os valores das variáveis (AP) e (DT) e verificou-se o comportamento do modelo quanto à variação de (HA). Conforme a literatura, modificações na história atual (HA) podem levar a variações de FEG em um mesmo indivíduo. Essa simulação foi aplicada a variável HA do modelo tanto com simulações aleatórias como também durante o processo de avaliação do comportamento do mesmo através das fichas de avaliação. A simulação foi com números inteiros.

- **Análise do Índice de Massa Corpórea**

O item IMC (índice de massa corpórea) foi incluído no grupo de história atual para as simulações do modelo. No entanto foi realizada também a análise individual do item porque, como visto no capítulo de fundamentação FEG, o tecido adiposo subcutâneo em excesso pode influenciar diretamente no grau da disfunção.

- **Comportamento do modelo para os diferentes Graus de FEG fornecidos pelo especialista**

Identificar a coerência das respostas do modelo com a classificação dada pelo especialista para a classificação do FEG nas fichas de avaliação

- **Simulação do modelo com os Testes Clínicos (TC)**

Foi verificado o comportamento do modelo quando a simulação foi realizada com as variáveis Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Testes clínicos (TC). Como descrito na literatura, os testes clínicos de “casca de laranja” e preensão são importantes na caracterização do FEG. Então do grupo das Disfunções Teciduais (DT) foram selecionadas as variáveis referentes aos testes clínicos como “apresenta

depressões sem contração muscular”, “apresenta depressões com contração muscular”, “apresenta depressões com teste de pele de laranja”, “apresenta dor com teste de prensão” e criou-se uma nova variável denominada Testes Clínicos (TC). Os parâmetros de TC foram iguais aos de DT, só houve redução dos itens e um enfoque maior para os testes clínicos. Objetivou-se identificar se os resultados da simulação focando somente no testes clínicos (GFFTC) eram coerentes com a classificação dada pelo especialista (GFE).

- **Sensibilidade do FEG *fuzzy* a interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG**

Identificar se o resultado do modelo (GFF) é sensível a interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG.

Na figura 4.3 está descrito o fluxograma metodológico deste trabalho.

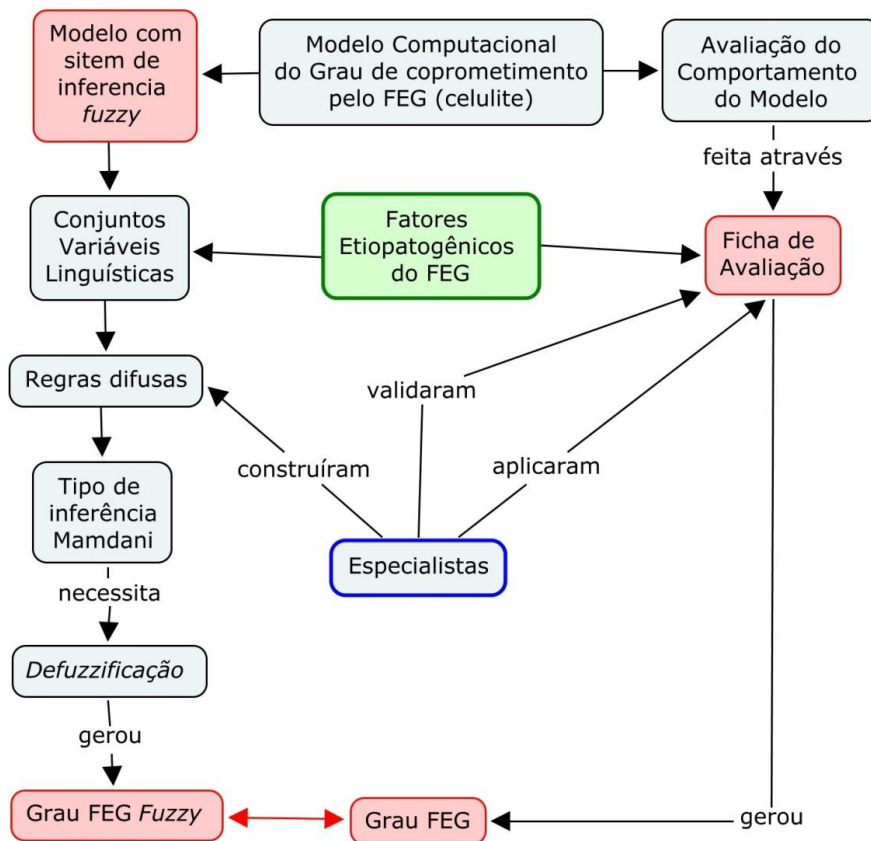


Figura 4.3 Fluxograma metodológico.

No capítulo seguinte serão apresentados os resultados das simulações do modelo computacional para determinação do grau de comprometimento pelo FEG utilizando ao sistema de inferência *fuzzy*.

Resultados e Discussões da Modelagem *Fuzzy* do FEG

Nesse capítulo serão apresentados os aspectos relacionados ao modelo computacional proposto para verificar o grau de comprometimento pelo FEG, a análise experimental realizada através de simulações, a avaliação do comportamento do modelo em uma população específica, os resultados e as discussões da pesquisa, contemplando uma análise da coerência deste, tanto com os dados fornecidos pelo especialista através da ficha de avaliação, como também através da literatura consultada.

5.1 Análise experimental / simulações e cenários

A metodologia de análise experimental do modelo computacional e a avaliação do comportamento do mesmo, através de fichas de avaliação do FEG de uma população específica, foram descritos no capítulo 4 deste trabalho.

Para a construção do modelo utilizando sistema de inferência *fuzzy*, um dos passos importantes é a escolha da função de pertinência a ser utilizada. Como na área de saúde são mais utilizadas as funções do tipo triangular e gaussiana, foram feitas simulações com estas funções e comparou-se os dados de saída do modelo (FEG *Fuzzy*) com os dados de saída da ficha de avaliação (FEG Especialista) para identificar a função de pertinência que mais se adequou à classificação do FEG pelo especialista e então utilizar nas simulações do modelo.

As simulações objetivaram verificar o grau de comprometimento pelo FEG após análise do comportamento e a sensibilidade do modelo quando comparado com as

classificações do FEG presentes na literatura e aquelas dadas pelo especialista na ficha de avaliação.

Como foi apresentado no capítulo de FEG, os testes de “casca de laranja” e o teste de prensão são os mais utilizados para a classificação da disfunção e a mudança nos hábitos de vida poderia levar a melhorias no comprometimento pelo FEG. Sendo assim, procurou-se verificar a sensibilidade do modelo FEG *fuzzy* quando submetido a variações numéricas entre um e cinco no conjunto história atual (HA), que engloba os hábitos de vida, e o comportamento do mesmo após a análise das disfunções teciduais, focando somente nas variáveis relacionadas aos testes clínicos (TC) de “casca de laranja” e de prensão.

Os tópicos seguintes apresentam os resultados das simulações propostas e as discussões na literatura diante dos mesmos.

5.1.1 Estruturação do modelo e escolha da função de pertinência

O modelo foi construído no ambiente Matlab 7.0 tendo como inferência Mamdani e método de *defuzzificação* centróide. Após apresentado o apêndice C, o especialista desenvolveu 27 regras de inferência e escolheu a operação de intersecção para relacionar os conjuntos *fuzzy* de entrada Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Disfunções Tegumentares (DT). (Apêndice E)

No intuito de verificar qual tipo de função de pertinência representa o grau de comprometimento pelo FEG e assim prosseguir com as simulações do modelo, foram feitas simulações com as funções triangular e gaussiana. Os dados dos códigos da ficha de avaliação referentes aos Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Disfunções Tegumentares (DT) foram os dados de entrada submetidos a dois modelos idênticos, variando somente os tipos de funções (triangular e gaussiana). Os modelos geraram como saída o Grau FEG *Fuzzy* função Triangular (GFFT) e o Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana (GFFG). Foi calculado o

erro absoluto, o desvio padrão e o desvio médio absoluto dessas variáveis de saída com o Grau FEG dado pelo especialista na ficha de avaliação (GFE).

Como resultados foram obtidos para a função triangular 26,06% de erro absoluto, 23,34 de desvio padrão e 19,74 de desvio médio absoluto. Para a função gaussiana foram obtidos 26,88% de erro absoluto, 27,46 de desvio padrão e 22,25 de desvio médio absoluto, como demonstrado na tabela 5.1

Tabela 5.1. Escolha do tipo de função comparando com GFE

Grau FEG Fuzzy	Erro absoluto	Desvio padrão	Desvio médio absoluto
Função Triangular (GFFT)	26,06%	23,34	19,74
Função Gaussiana (GFFG)	26,88%	27,46	22,25

Grau FEG *Fuzzy* função Triangular (GFFT); Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana (GFFG); Grau FEG Especialista (GFE).

O Grau FEG *fuzzy* obtido após a utilização da função do tipo triangular (GFFT) se aproximou mais da classificação do FEG dada pelo especialista (GFE) que após a utilização da função tipo gaussiana (GFFG), seja pela análise do erro absoluto, do desvio padrão e do desvio médio absoluto.

Além da análise mostrada na tabela 5.1 foram sorteados códigos da ficha de avaliação para demonstrar através da tabela 5.2 e da figura 5.1 o comportamento da variável de saída de cada modelo comparado com a classificação do FEG pelo especialista.

Tabela 5.2: Alguns dados da ficha de avaliação, grau FEG *fuzzy* para as funções triangular, gaussiana e grau FEG do especialista

Código	AP	HA	DT	TC	GFFT	GFFTTC	GFFG	GFFGTC	GFE
22	4,11	3,70	4,46	4,50	1,08	1,08	1,54	1,54	1
25	3,56	4,05	4,08	4,50	1,08	1,08	1,66	1,66	1
7	3,89	4,05	3,92	3,75	1,09	1,10	1,66	1,66	1
29	4,00	3,85	4,38	4,50	1,10	1,10	1,74	1,74	1
2	3,33	3,75	3,62	3,75	1,78	1,74	1,89	1,89	2
3	3,33	3,75	4,15	3,75	1,78	1,74	1,89	1,89	2
9	3,56	3,70	3,69	3,50	1,84	1,84	1,90	1,90	2
1	3,44	3,60	3,54	3,50	1,94	1,94	1,91	1,91	2
8	3,33	3,00	3,31	3,75	1,97	2,00	1,91	1,91	2
4	3,00	2,85	4,08	3,50	1,98	1,98	1,92	1,91	2
50	3,78	3,55	3,31	3,50	1,69	1,69	1,89	1,89	2
47	3,67	3,80	3,85	3,75	1,71	1,70	1,87	1,87	2
31	3,67	2,75	3,92	3	1,81	1,84	1,91	1,91	2
30	3,67	3,4	3,69	3,75	1,82	1,78	1,9	1,9	2
36	3,67	3,60	4,15	3,75	1,84	1,78	1,90	1,90	2
39	3,67	3,60	3,54	3,75	1,84	1,78	1,90	1,90	2
41	3,56	3,70	3,15	3,75	1,84	1,79	1,90	1,90	2
11	3,56	2,70	3,69	4,00	1,92	1,93	1,92	1,93	2
20	3,56	3,40	3,38	2,75	1,93	1,93	1,91	1,91	2
21	3,56	3,50	4,08	3,50	1,93	1,93	1,91	1,91	2
55	3,56	3,40	4,08	3,50	1,93	1,93	1,91	1,91	2
14	3,33	3,60	4,15	3,75	1,94	1,90	1,91	1,91	2
34	3,00	3,10	3,38	3,50	1,97	1,98	1,91	1,91	2
28	3,11	3,20	3,62	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
33	3,11	3,45	3,46	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
38	3,44	2,90	3,54	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
26	3,00	3,20	3,69	3,50	2,00	1,98	1,91	1,91	2
40	3,56	3,65	3,23	2,75	1,89	1,89	1,90	1,90	3
60	3,56	3,45	3,31	3,25	1,93	1,93	1,91	1,91	3
35	2,56	3,60	3,31	2,50	1,94	1,94	1,93	1,93	3
19	3,33	2,90	3,08	2,75	1,97	1,97	1,91	1,92	3
49	3,22	3,10	2,92	2,50	1,97	1,98	1,91	1,91	3
57	2,89	3,00	3,23	3,25	1,97	1,97	1,91	1,91	3

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Teciduais; TC – Média das Disfunções Teciduais somente com os testes Clínicos; GFFT– Grau FEG *Fuzzy* função Triangular; GFFTTC - Grau FEG *Fuzzy* função Triangular considerando somente média dos testes clínicos; GFFG – Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana; GFFGTC - Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana considerando somente média dos testes clínicos; GFE – Grau FEG Especialista.

Como demonstrado na tabela 5.2 os valores referentes ao Grau FEG *fuzzy* obtido após a utilização da função do tipo triangular (GFFT) se aproximou mais dos valores fornecidos após a classificação do FEG dada pelo especialista (GFE) quando comparado com os valores obtidos após a utilização da função tipo gaussiana (GFFG). Esses mesmos dados estão representados na figura 5.1

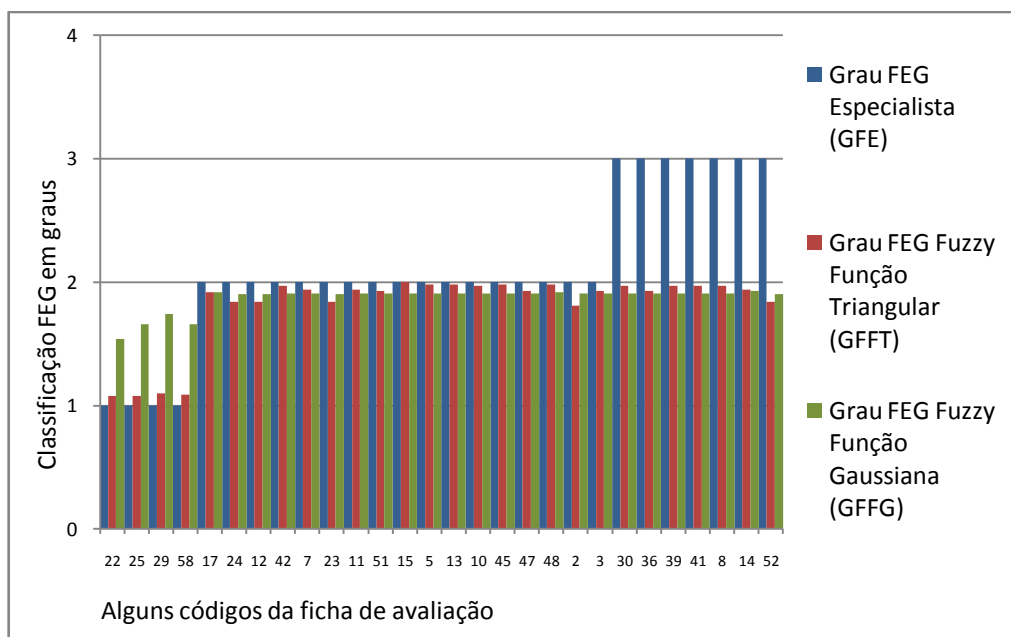


Figura 5.1 Comparação do FEG *fuzzy* das funções de pertinência triangular (GFFT) e gaussiana (GFFG) do modelo com classificação FEG do especialista (GFE).

Como pode ser observado nas tabelas 5.1 e 5.2 e na figura 5.1, para essa população, o Grau FEG *fuzzy* obtido após a utilização da função do tipo triangular (GFFT) se aproximou mais da classificação do FEG dada pelo especialista (GFE), seja pela análise do erro absoluto, do desvio padrão e do desvio padrão médio como também pela comparação observada na tabela 5.2 ou através da análise de coerência demonstrado na figura 5.1. Após essa verificação, todas as simulações referentes ao modelo e ao seu processo de análise do comportamento foram feitas com a função de pertinência triangular. Todos os códigos da ficha de avaliação estão no apêndice F.

Após a escolha do modelo com a função de pertinência triangular, adotou-se o termo Grau FEG *fuzzy* (GFF) como variável de resposta do modelo.

5.1.2 Graus de comprometimento pelo FEG após simulação do modelo

Foram realizadas simulações com diferentes combinações as variáveis de entrada com o objetivo de se obter o Grau FEG *Fuzzy* do modelo. Foram utilizados números inteiros contidos no universo Real no intervalo de 1 a 5 para as variáveis de entrada Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Disfunções Tegumentares (DT) e se obteve como saída o Grau FEG *Fuzzy* do modelo no intervalo de 1 a 4 (apêndice G). Desta simulação foram possíveis 125 combinações entre os três conjuntos de entrada.

Como demonstrado no capítulo de FEG, as classificações podem ser baseadas de acordo com o aspecto clínico e histopatológico. Com a classificação clínica em três graus é possível visualizar alterações estéticas mais marcantes, sendo mais condizente com a rotina dos consultórios (GUIRRO e GUIRRO, 2004). Três formas de classificação são propostas também por Meyer *et al.* (2005) e Goldman *et al.* (2006)

Em estudos posteriores, Curri (1991) citado por ASSUMPÇÃO *et al.* (2006, p. 216-217) considera para a classificação do FEG a avaliação da histopatologia, as condições clínicas do tecido como modificações na temperatura, presença de distúrbios angiológicos e alteração no volume dos adipócitos e descreve o acometimento em quatro graus. A classificação em quatro graus também é proposta por Rossi e Vergnanini (2000) e Milani, Natal Filho e João (2008), sendo esta mais utilizada atualmente.

O modelo traz, através das simulações, 125 possibilidades de classificação quantitativa entre os quatro graus descritos na literatura tendo como variáveis de entrada números inteiros contidos no universo Real no intervalo de 1 a 5,.

A classificação em três ou quatro graus pode parecer mais rápida, porém pode não refletir o grau de comprometimento pela disfunção. Com o modelo é possível incluir esses fatores etiológicos no intuito de ter como resposta um grau de comprometimento relacionado à apresentação clínica e que leva em consideração

um estágio do FEG que não é ausência ou presença de um só grau, mas um pouco de cada grau, ou seja um valor intermediário de classificação.

Sendo assim, através do modelo é detectado um grau intermediário que possibilita uma análise intermediária da disfunção e conseqüentemente o planejamento mais direcionado do tratamento do FEG. O especialista poderá utilizá-lo como ferramenta de apoio a classificação e construção do programa terapêutico usando dados da classificação intermediária ou da classificação tradicional em graus.

5.1.3 Sensibilidade do modelo quando submetido a mudanças na variável de entrada história atual.

Foi verificada a sensibilidade do modelo quando submetido a variações no conjunto História Atual (HA). Foram utilizados números inteiros contidos no universo Real no intervalo de 1 a 5 e fixou-se o valor para as demais variáveis de entrada Antecedentes Patológicos (AP) e Disfunções Tegumentares (DT). O apêndice H contém todas as simulações.

Como resultado observou-se que a variação da História Atual (HA) modifica o comportamento do Grau FEG *Fuzzy*. A figura 5.2 traz o comportamento do grau FEG Fuzzy quando são utilizadas AP e DT fixos para os valores 2, 3 e 4.

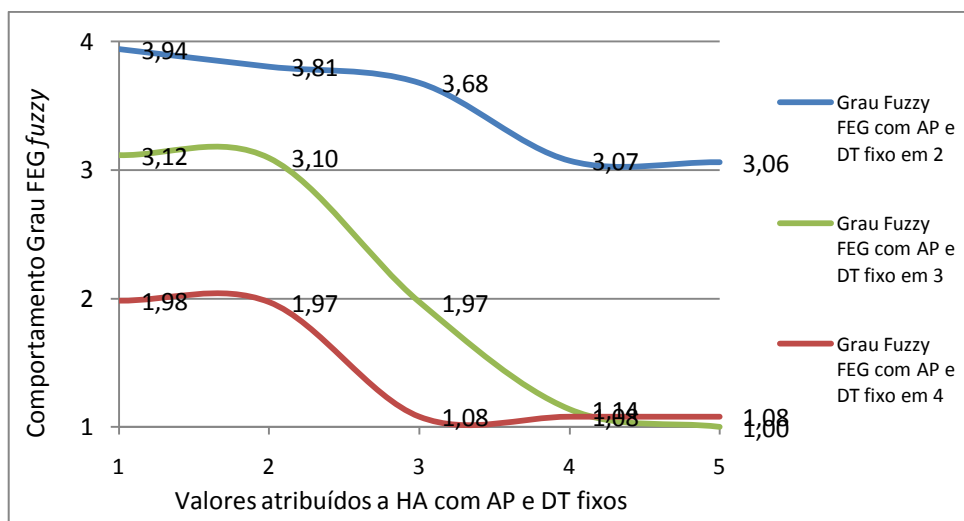


Figura 5.2: Comportamento de HA com fixação de valores (entre 2 e 4) para AP e DT

Na análise da figura 5.2, ao se observar o comportamento de HA quando AP tem o valor fixo em 2 e DT também tem o valor fixo em 2 tem-se para HA com valor 1 o grau FEG *fuzzy* de 3,94; para HA com valor 2 o grau FEG *fuzzy* de 3,81; HA com valor 3 o grau FEG *fuzzy* de 3,68; para HA com valor 4 o grau FEG *fuzzy* de 3,07 e para HA com valor 5 o grau FEG *fuzzy* de 3,06.

Diante do comportamento do modelo, quando mais o valor de HA se aproxima de 5, menor é o valor do grau FEG e conseqüentemente menor o grau de comprometimento pela disfunção. Por possibilitar uma resposta quantitativa, o modelo fornece um número que reflete a quantidade de mudança necessária para gerar modificação no Grau de comprometimento pelo FEG.

Guirro e Guirro (2004) e Bacci e Leibaschoff (2006a) relatam que é importante no tratamento da disfunção a mudança de hábitos que contribuem para o desencadeamento do FEG. Faz-se necessária a adoção de uma alimentação balanceada, evitar o fumo, o álcool e método anticoncepcional a base de hormônios, dentre outros.

Sendo assim, o modelo pode fornecer como resposta o grau de comprometimento pelo FEG após relacionar variáveis de entrada, como história atual, que, na maioria das vezes, não são incluídas na classificação dada pelo especialista, principalmente

devido à grande quantidade de informações para serem relacionadas. Além de relacionar as variáveis é possível simular mudanças de comportamento e obter uma mudança no grau de comprometimento pelo FEG.

5.2 Avaliação do Comportamento do modelo

Para a avaliação do comportamento deste modelo computacional foram utilizados os dados de fichas de avaliação do FEG de uma população específica. Essas avaliações foram realizadas por um especialista, como descrito na metodologia.

Foram selecionadas 60 fichas de avaliação de indivíduos do gênero feminino, com idade entre 20 e 30 anos. No item abaixo estão apresentadas as simulações, os resultados e a discussão do modelo FEG *fuzzy*.

Como descrito na metodologia, os seis grupos da ficha foram condensados em três denominados Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Disfunções Tegumentares (DT) tendo então as variáveis redistribuídas por similaridade e de acordo à classificação etiológica em fatores predisponentes, determinantes ou agravantes e condicionantes e proposta por Godoy e Godoy (2003), Guirro e Guirro (2004) e Bacci e Leibaschoff (2006a).

Outras simulações também foram realizadas baseando-se em uma suposta mudança de comportamento do indivíduo. Procurou-se identificar se era possível ocorrer mudança no Grau do FEG se a variável História Atual desta população sofresse variações.

Foi verificado também o comportamento do modelo após a análise da variável de entrada Disfunções Tegumentares modificada e abrangendo somente os Testes Clínicos (TC) de “casca de laranja” e de prensão, importantes para a classificação do FEG utilizado pelo especialista.

Nos tópicos abaixo estão apresentadas as simulações, os resultados e a discussão do modelo FEG *fuzzy* baseados na ficha de avaliação.

5.2.1 Caracterização da População

Os dados que constavam na ficha de avaliação em relação à caracterização da população foram: Idade, gênero, cor da pele, escolaridade, profissão, GPA (Gravidez, Parto e Aborto), Peso e altura, IMC (índice de massa corpórea).

Os dados como gênero feminino, escolaridade referente ao terceiro grau incompleto e profissão estudante, corresponderam à totalidade de 60 indivíduos (100%). Em relação à cor, 23 (38,33%) indivíduos se declararam brancos, 1 (1,66%) amarelo, 14 (23,33%) parda, 7 (11,66%) morena, 1 (01,66%) morena escura, 4 (06,66%) negra e 10 (16,66%) não respondeu. (Tabela 5.3)

Rossi e Vergnanini, (2000) relatam que as mulheres de cor clara tendem mais ao FEG que as mulheres de cor escura. Em relação à raça, Godoy e Godoy (2003) referem que a raça é o biótipo constitucional e leva a predisposição do FEG para determinados grupos, porém não cita o grupo mais prevalente. O estudo de Milani, Natal Filho e João (2008) encontraram indivíduos com pele de cores Branca 35 (70%), Asiático 11 (22%) e Preto 4(8%), no entanto esses dados foram utilizados somente para a caracterização do grupo, assim como neste estudo.

As outras características consideradas na ficha de avaliação, como estado civil e GPA foram utilizadas nesse estudo também para a caracterização da população, mas não foram analisados. (Tabela 5.3)

Tabela 5.3 - Caracterização da população

Cor da pele		
Branco	23	(38,33%)
Amarelo	1	(01,66%)
Parda	14	(23,33%)
Morena	7	(11,66%)
Morena escura	1	(01,66%)
Negra	4	(06,66%)
Não respondeu	10	(16,66%)
Estado civil		
Solteira	52	(86,66%)
Casada	4	(06,66%)
Não respondeu	4	(06,66%)
GPA		
Gravidez	1	(01,66%)
Parto	1	(01,66%)
Aborto	0	(00,00%)
Não respondeu	58	(96,66%)
Classificação do Especialista para o FEG		
Grau 1	10	(16,66%)
Grau 2	38	(63,33%)
Grau 3	12	(20,00%)
Grau 4	0	(0,00%)

5.2.2 Análise do Índice de Massa Corpórea

O item IMC (índice de massa corpórea) foi incluído no grupo de história atual para as simulações do modelo. No entanto foi realizada também a análise individual do item porque, como visto no capítulo de fundamentação FEG a presença de tecido adiposo pode influenciar diretamente no grau da disfunção. Sendo assim, em relação ao IMC, a maior parte do grupo 53 (86,7%) encontrou-se no grupo considerado ideal conforme a OMS (1990). (Tabela 5.4)

Tabela 5.4 - IMC da população

IMC	Classificação	Amostra
Abaixo de 18,5	Baixo peso	4 (6,7%)
18,5 a 24,9	IDEAL	52 (86,7%)
25 a 29,9	ACIMA PESO	2 (3,3%)
30 a 34,9	Obesidade Grau 1	2 (3,3%)
35 a 39,9	Obesidade Grau 2	0 (0,0%)
Acima de 40	Obesidade Grau 3	0 (0,0%)

IMC – Índice de Massa corpórea

Ao se relacionar a obesidade e a celulite Francischelli Neto, Francischelli e Oliveira (2003), Godoy e Godoy (2003), Mirrashed *et al.* (2004) e Quatresooz *et al.* (2006) relatam que o FEG não é exclusivamente relacionado à obesidade, mas pode ser acentuado por ele. Uma espessa camada de gordura torna a pele mais suscetível a celulite, então esta pode ser uma razão para mulheres com baixo IMC se configurarem como menos susceptíveis e menos afetadas por essa disfunção.

Piérard (2005) aponta que celulite não é um resultado do aumento da massa corporal, mas o seu aspecto pode ser influenciado pelo aumento da pela relação cintura quadril. Sendo assim um aumento da adiposidade localizada na região do abdome poderia influenciar o aspecto celulítico.

O estudo de Collis *et al.* (1999) mostrou que a celulite não está simplesmente relacionada com a quantidade de gordura. No estudo realizado com 69 Mulheres com idade superior a 18 anos (média de 44,6) com celulite das coxas e nádegas, o IMC e a profundidade de gordura subcutânea, avaliado por ultra-som, variaram em toda a aparência da celulite.

Na amostra deste estudo, a maior parte do grupo 53 (86,7%) encontrou-se no grupo considerado eutrófico ou ideal conforme o critério de avaliação de obesidade segundo a OMS (1990). O ítem IMC foi incluído no grupo de história atual conforme descrito na metodologia.

Foi observado que indivíduos com a mesma classificação de IMC apresentaram caracterização do FEG diferenciado. Esses dados foram observados nos códigos 027 e 029. Em ambos os códigos 027 com IMC (33,66 – 95 kg/1,68m) e 029 com IMC (30,78 – 90kg/1,71m) é caracterizada a obesidade grau 1 (30 e 34,9), porém eles apresentam classificação do FEG *fuzzy* e do especialista de forma diferenciada (Tabela 5.5). Apesar de possuírem IMC na mesma faixa de classificação a média das disfunções teciduais (DT) e a média dos testes clínicos (TC) apontam para um maior acometimento tecidual para o código 027, o que agravou a classificação da celulite.

Tabela 5.5 – Mesma classificação IMC com classificação GFF e GFE diferentes

Código	AP	HA	DT	TC	IMC	GFF	GFFTC	GFE
027	3,78	3,65	2,85	1,8	33,66	1,69	2,00	3
029	4,00	3,85	4,38	4,5	30,78	1,10	1,10	1

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Tegumentares; TC – Média Disfunções somente com os Testes Clínicos; IMC – Índice de Massa Corpórea; GFF – Grau FEG *Fuzzy*; GFFTC – Grau FEG *Fuzzy* somente com os Testes Clínicos; GFE – Grau FEG Especialista.

Pode ser observado que na simulação do modelo com os Testes Clínicos (TC) mostrou-se sensível para esses códigos, apontando um comprometimento maior pelo FEG (GFFTC) quando comparada com a classificação dada pelo especialista (GFE) do que a simulação com todas as disfunções tegumentares (GFF). Esse resultado reflete a importância dos Testes Clínicos associada às outras variáveis para a caracterização do FEG.

O índice de Massa Corpórea reflete os dados da relação peso e altura, sendo o peso relativo à massa de gordura e a massa corporal magra - massa óssea, massa muscular e massa residual (PITANGA, 2004). Sendo assim, é possível que o peso relativo à massa de gordura seja maior no código 027 ou então que o mesmo apresente uma espessa camada de gordura tornando-o mais suscetível à celulite. (Tabela 5.5)

Como relatado, o aspecto celulítico pode ser agravado com IMC elevado. No entanto, como nessa medida utiliza-se o peso corporal (massa de gordura e a massa corporal magra) utilizar o IMC isoladamente como preditivo da celulite é considerar todo o peso como composto essencialmente de massa de gordura.

5.2.3 Comportamento do modelo para os diferentes Graus de FEG fornecidos pelo especialista (GFE)

A classificação FEG dada pelo especialista nas fichas de avaliação foi para os graus 1, 2 e 3 enquanto que a resposta dada pelo modelo FEG *fuzzy* para essa população gerou diversos graus de comprometimento entre 1 e 2. Como já foi abordado, a

classificação do FEG tem seu valor mínimo de 1 e o valor máximo de 4, tanto na literatura como no modelo. No entanto, neste estudo, o GFE teve seu máximo em 3 e o GFF o máximo foi em 2. O apêndice F traz todos os dados do modelo (GFF) e sua comparação como o especialista (GFE). Na figura 5.3 se observa o comportamento do modelo de alguns códigos obtidos por sorteio.

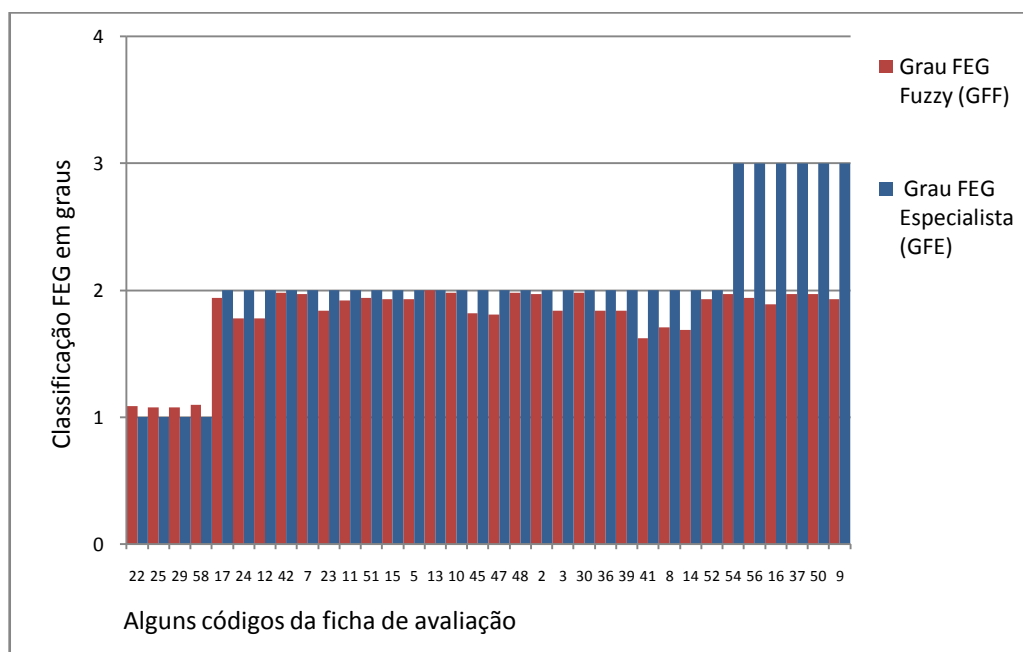


Figura 5.3 Relação GFF e GFE para a classificação do FEG em graus (1 a 4).

Na análise da figura 5.3, quando comparou-se o resultado do modelo (GFF) com o resultado do especialista (GFE) observa-se que o GFF foi mais coerente com os dados apresentados na faixa correspondente à classificação do FEG em graus 1 e 2. Para o grau FEG igual a 3 não houve coerência entre os dados (GFF e GFE).

Ortonne *et al.* (2008) distinguiu duas subpopulações entre as mulheres com a celulite: as de 21-30 anos, apresentando pouco aspecto de “casca de laranja” na superfície da pele o que denota pouco comprometimento e aquelas de mais de 30 anos com mais aspecto de “casca de laranja” na superfície, denotando maior comprometimento.

Celulite é uma condição clínica e estética que pode aparecer na pré-adolescência, adolescência ou na idade adulta sendo que no estudo de Hexsel e Hexsel (2006), foi percebida antes dos 20 anos de idade em 65% dos pacientes. Guirro e Guirro (2004), Piérard (2005) e Bacci e Leibaschoff (2006a) apontam que a celulite tem seu surgimento associado a presença de estrógeno hormônio importante na caracterização do gênero feminino, principalmente a partir da adolescência até a menopausa, fase reprodutiva da vida.

No presente estudo a faixa etária foi de 20-30 anos, encontra-se na idade reprodutiva, então era de se esperar que a casuística fosse maior para o grau 2 [38 (63,33%)], representado clinicamente por pouco aspecto celulítico, e pequena para o grau 3 [12 (20%)] e inexistente para o grau 4, onde se observa um aspecto de “pele de laranja” mais marcantes.

Na análise da classificação dada pelo especialista como grau 3, o modelo não apresentou resultados satisfatórios. É possível que o especialista tenha se baseado principalmente no aspecto do tecido e nos testes clínicos (TC) de “casca de laranja” e de prensão para a caracterização do comprometimento do tecido pelo FEG, como foi referenciado no capítulo 3. Os dados da tabela 5.6 mostram que o GFE 3 está relacionado com o TC baixo.

A presença destes testes clínicos é mais evidente em indivíduos com camada de tecido adiposo subcutâneo maior, como cita Godoy e Godoy (2003) quando denomina a aparência de depressões associadas à adiposidade subcutânea de “aspecto celulítico”. Além disso, como citado anteriormente por Ortonne *et al.* (2008) como a faixa etária é composta por indivíduos de 20 a 30 anos é de se esperar esses indivíduos apresentem menor acometimento pelo FEG o que poderia sugerir que o especialista supra estimou a classificação do FEG para grau 3 para esses códigos.

Além disto, a classificação dada pelo modelo (GFF) para os códigos da tabela 5.6 foi baseada nas três variáveis de entrada diferentemente do especialista que provavelmente se baseou em uma variável (TC) normalmente utilizada para a classificação do FEG na literatura. Sendo assim, não tem como se realizar uma

comparação fiel entre a resposta do modelo e a resposta do especialista porque os critérios de classificação e o formato das respostas são diferentes. O modelo relaciona fatores etiopatogênicos para identificar o grau de comprometimento pelo FEG, o que pode refletir sua sensibilidade, enquanto que o especialista utiliza principalmente a apresentação clínica do tecido refletida pelos Testes Clínicos (TC).

Tabela 5.6: Comportamento do modelo com GFE 3

Código	AP	HA	DT	TC	GFF	GFE
057	2,89	3,00	3,23	3,3	1,97	3
060	3,56	3,45	3,31	3,3	1,93	3
053	3,89	3,55	3,31	2,8	1,45	3
032	3,67	3,45	3,15	2,8	1,84	3
040	3,56	3,65	3,23	2,8	1,89	3
019	3,33	2,90	3,08	2,8	1,97	3
018	3,78	3,10	2,85	2,5	1,69	3
046	3,33	3,15	2,92	2,5	1,97	3
049	3,22	3,10	2,92	2,5	1,97	3
035	2,56	3,60	3,31	2,5	1,94	3
027	3,78	3,65	2,85	1,8	1,69	3
059	3,67	2,95	2,46	1,8	1,84	3

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Tegumentares; TC – Média Disfunções somente com os Testes Clínicos; GFF – Grau FEG *Fuzzy*; GFE – Grau FEG Especialista.

5.2.4 Simulação do modelo com os Testes Clínicos

Como foi apresentado no capítulo de FEG, os testes de “casca de laranja” e o teste de prensão são os mais utilizados para a classificação da disfunção. Sendo assim verificou-se o comportamento do modelo após simulação com as disfunções teciduais focando somente nos Testes Clínicos (TC) de “casca de laranja” e de prensão.

A simulação foi realizada somente com Antecedentes Patológicos (AP), História Atual (HA) e Testes clínicos (TC). Foi calculado o erro absoluto, o desvio padrão e o desvio médio absoluto do Grau FEG *Fuzzy* utilizando os Testes Clínicos (GFFTC) quando comparado com o Grau FEG especialista (GFE).

Como resultados foram obtidos para o Grau Fuzzy FEG somente com testes clínicos (GFFTC) com 25,95% de erro absoluto, 23,10 de desvio padrão e 19,21 de desvio médio absoluto. Comparando os dados do erro absoluto, desvio padrão e desvio médio absoluto do GFF obtido na tabela 5.1, calculou-se também a diferença entre GFF e GFFTC, obtendo-se 0,11 para o erro absoluto 0,28 para o desvio padrão e 0,53 para desvio médio absoluto. Sendo assim, os resultados do GFFTC se aproximaram mais da classificação do especialista. (Tabela 5.7)

Tabela 5.7 Coerência do GFF X GFE e GFFTC X GFE

	Erro absoluto	Desvio padrão	Desvio médio absoluto
Grau FEG Fuzzy (GFF)	26,06%	23,34	19,74
Grau FEG Fuzzy Utilizando TC (GFFTC)	25,95%	23,10	19,21
Diferença entre GFF e GFFTC	0,11	0,28	0,53

GFF – Grau FEG *Fuzzy*; GFE – Grau FEG Especialista; GFFTC – Grau FEG Fuzzy somente com os Testes Clínicos

A figura 5.4 reflete a coerência da classificação FEG de alguns códigos do modelo obtidos por sorteio quando a análise foi realizada com as variáveis AP, HA e DT o que gerou o Grau FEG *Fuzzy* (GFF), AP, HA e TC o que gerou o Grau FEG *Fuzzy* com Testes Clínicos (GFFTC) e o Grau FEG dado pelo especialista (GFE) da ficha de avaliação.

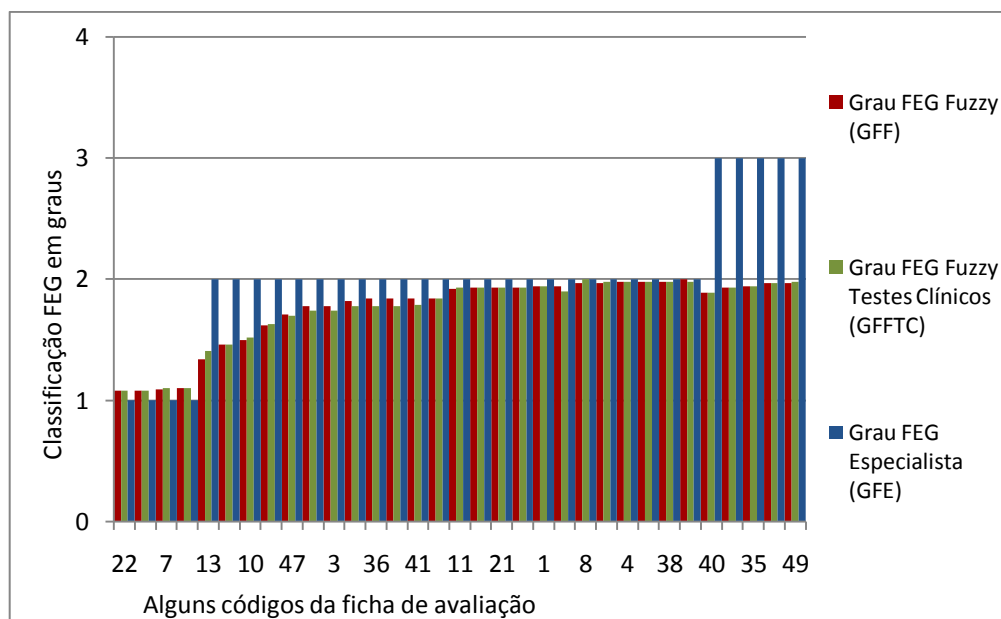


Figura 5.4 Coerência do GFF com GFE e GFFTC com GFE de alguns códigos da ficha de avaliação

Conforme mostrado na figura 5.4 e na tabela 5.7, quando se utilizou somente os Testes Clínicos (TC), a coerência do GFFTC quando comparado com o Grau FEG *fuzzy* (GFF) ou com o GFE se alterou muito pouco. Esse resultado pode sugerir que os testes clínicos são muito importantes na caracterização do FEG e a classificação utilizando essas variáveis pode representar o conjunto das disfunções teciduais.

Os resultados encontrados corroboram com os estudos de Guirro e Guirro (2004), Meyer *et al.* (2005) e Bacci e Leibaschoff (2006a) que consideram a classificação FEG baseada nos testes clínicos de “casca de laranja” e teste prensão como importantes para determinar o grau do FEG.

5.2.5 Sensibilidade do modelo quando submetido a mudanças na variável de entrada HA da ficha de avaliação

Quando se analisa o comportamento do grupo história atual, que reflete os hábitos de vida é possível sinalizar o nível de influência que esse item tem na caracterização do FEG. Os indicadores contidos nesse grupo, descritos no capítulo 3 como fatores

determinantes ou agravantes, são passíveis de mudanças, o que poderia gerar alteração na caracterização da patologia.

Na simulação com modelo *fuzzy* da figura 5.5 com o item HA assumindo valores de 1 a 5 e mantendo-se os valores originais de AP e DT, é possível verificar o comportamento do grau *fuzzy* FEG para os dados 001, 010, 012, 019, 028, 036 e 044 obtidos por sorteio.

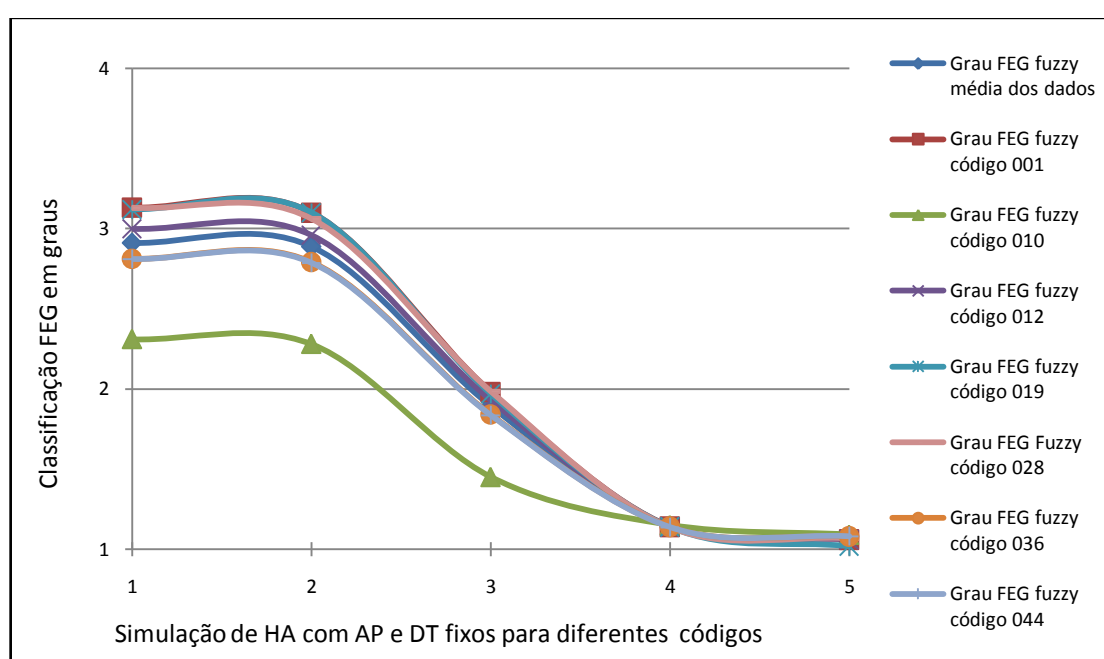


Figura 5.5 Comportamento do FEG *fuzzy* após simulação de HA com AP e DT fixos para diferentes códigos.

Assim como já descrito no item 5.1.3 e diante do comportamento do modelo apresentado na figura 5.5, quando mais o valor de HA se aproxima de 5, menor é o valor da classificação do FEG em graus e conseqüentemente menor o comprometimento pela disfunção.

Com a adoção de hábitos de vida diferentes do que existem verificou-se que muda também a classificação do FEG *fuzzy*. Assim como demonstrado no item 5.1.3 o modelo também é sensível às mudanças de comportamento desta população relacionadas às variáveis do conjunto história atual, relatadas na metodologia.

Guirro e Guirro (2004) reportam que é importante no tratamento da disfunção a mudança de hábitos que contribuem para o desencadeamento do FEG como alimentação inadequada, falta de atividade física, fumo, álcool, método anticoncepcional dentre outros. Meyer *et al.* (2005, p.80) relata que “num enfoque global, os tratamentos para esta condição clínica compreendem medidas higiênico-dietéticas, terapia física, terapia medicamentosa e tratamento cirúrgico”. Em relação ao abordado por estes autores, com esse estudo é possível mensurar quantitativamente a melhora da mudança de hábitos através do FEG *fuzzy*, fornecendo como resultado para o paciente qual o grau de comprometimento pelo FEG após a mudança de hábitos. Resultado quantitativo similar não foi encontrado em outros estudos que referem somente à modificação dos hábitos como “possíveis” formas de melhora no grau do FEG.

Sendo assim, por possibilitar a inclusão desses fatores etiológicos para a classificação, o especialista poderá comparar a resposta do modelo, a classificação tradicional e sua experiência para construir o programa terapêutico para a disfunção como também fornecer o prognóstico ao paciente sobre seu grau de comprometimento pelo FEG.

5.2.6 Sensibilidade do FEG fuzzy à interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG

Pode-se perceber na tabela 5.8 que a variável de saída referente ao grau FEG *fuzzy* (GFF) é sensível à interação de todos os fatores que predisõem ao FEG.

Tabela 5.8 Sensibilidade do FEG *fuzzy* à interação dos conjuntos etiopatogênicos do FEG

Código	AP	HA	DT	TC	GFF	GFE
022	4,11	3,70	4,46	4,5	1,08	1
025	3,56	4,05	4,08	4,5	1,08	1
029	4,00	3,85	4,38	4,5	1,10	1
058	3,89	3,15	4,15	4,5	1,45	1
017	3,78	3,80	4,69	4,5	1,69	1
024	3,78	3,70	4,46	4,5	1,69	1
012	3,56	3,50	3,54	4,0	1,93	1
042	2,67	3,10	4,00	4,0	1,98	1
052	4,33	4,05	4,15	3,5	1,08	2
035	2,56	3,60	3,31	2,5	1,94	3

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções tegumentares; TC – Média Disfunções somente com os testes Clínicos; GFF – Grau FEG *Fuzzy*; GFE – Grau FEG Especialista.

Existem diferenças na classificação do FEG dada pelo especialista à dada pelo modelo (GFF). O item 042 tem classificação dada pelo especialista como grau 1, relacionada principalmente aos Testes Clínicos (TC) pontuadas como 4 (indica pouca tendência a FEG). O modelo classifica o mesmo código com valor GFF de 1,98 o que reflete uma tendência a FEG grau 2, principalmente porque considerou AP e HA para gerar o grau de comprometimento. Os códigos 012, 024, 017, 058 também refletem esse comprometimento.

Em concordância com a análise anterior, no código 052 é possível que o especialista tenha classificado o FEG em grau 2, principalmente através dos Testes Clínicos (TC) - valor de 3,5. Já o valor de GFF foi 1,08, pois relacionou AP, HA e DT para gerar a resposta e assim o grau que ficou mais próximo de 1. A modelagem *fuzzy* considera a interação dos conjuntos de entrada para o valor de saída e no modelo a determinação do FEG ocorreu após a interação das variáveis antecedentes, história atual e disfunções, enquanto que o especialista se baseou principalmente nos teste clínicos, como foi observado.

Ulrich (1982), Guirro e Guirro (2004), Meyer *et al.* (2005) e Bacci e Leibaschoff (2006a), consideram a classificação FEG baseada nos testes clínicos de “casca de laranja” e prensão como importantes para determinar o grau do FEG. Para Godoy e Godoy, (2003), Quatresooz *et al.* (2006), Smalls *et al.* (2006) e Ortonne *et al.* (2008), o FEG surge da interação de diversos problemas complexos que afetam o tecido adiposo, a derme da pele, a circulação sanguínea e não se pode relatar uma causa.

A etiopatogenia é complexa, multivariada e é descrita através de fatores que somados contribuem para o aparecimento do distúrbio. É possível que a caracterização baseada na avaliação clínica não reflita todas as alterações fisiológicas que acontecem na disfunção. Por isso, muitas vezes os indivíduos só procuram tratamento quando a afecção já está num estágio avançado o que poderia levar a um prognóstico menos favorável.

Após a análise pode-se perceber que existiu coerência entre a variável de saída do modelo o FEG *fuzzy* (construído com função triangular, inferência Mamdani e *defuzzificação* centróide) e o grau do FEG atribuído pelo especialista para a maioria dos dados do grupo analisado.

A avaliação do comportamento do modelo foi através de fichas de avaliação do FEG de uma população específica, que teve sua metodologia de construção descrita no capítulo 4. A função triangular foi utilizada para verificar o comportamento do modelo quando submetido às simulações para todas as variáveis de entrada e variáveis de saída. Foi verificado também o comportamento do modelo somente com as variáveis mais utilizadas para a caracterização clínica do FEG descrita na literatura. Além disso, foi possível verificar a sensibilidade deste quando se variou o conjunto história atual de alguns indivíduos da população selecionados aleatoriamente.

No capítulo seguinte serão descritas as considerações finais do trabalho e as sugestões para pesquisas futuras.

Considerações Finais e Perspectivas

A valorização da beleza associada à estética tem crescido nos dias atuais, motivando os indivíduos a procurarem profissionais e recursos no intuito de sanar as imperfeições geradas por alterações estéticas, como no caso da celulite. Presente em uma grande parcela da população do gênero feminino, a celulite interfere na qualidade de vida desses indivíduos além de provocar danos à estética corporal. A crescente procura por intervenções terapêuticas motiva o desenvolvimento de tecnologias para o diagnóstico e tratamento de disfunções na área de saúde que possam contribuir para as necessidades desse público.

Neste trabalho foi apresentado um modelo computacional utilizando o sistema de inferência *fuzzy* como metodologia para identificar o grau de comprometimento pelo (FEG) ou celulite. Como foi descrito no capítulo três, existem muitas variáveis qualitativas para a caracterização do FEG, o que dificulta a realização de uma classificação que as represente de forma a englobar os fatores etiopatogênicos. Dentre os sistemas especialistas, modelos baseados na lógica *fuzzy* podem resolver problemas que apresentem imprecisão e incerteza, semelhantes àqueles abordados por especialistas humanos e permitem gerar como resposta uma variável quantitativa resultado da relação entre os problemas ou variáveis de entrada.

No início deste trabalho foi apresentada uma revisão da literatura com os fundamentos da metodologia *fuzzy* além de algumas referências bibliográficas que utilizam essa ferramenta na área de saúde. Nessa revisão constatou-se que é grande o número de publicações de lógica *fuzzy* em revistas científicas, o que afirma cada vez mais a inserção da informática na área de saúde, principalmente no apoio ao diagnóstico.

Ainda sobre a fundamentação, o capítulo seguinte abordou uma revisão sobre a etiopatogenia e a classificação da celulite. Por se tratar de um problema que possui múltiplas causas e os métodos de classificação existentes são insuficientes quanto a forma de agregar os aspectos causais, foi possível identificar a necessidade de construir um modelo que identificasse o grau de comprometimento pelo FEG de uma forma quantitativa. Vale ressaltar que outros autores já haviam reportado que os estágios do FEG não são totalmente delimitados, porém não foram encontrados estudos que pudessem representar essa gradação de forma quantitativa, motivando então a realização deste estudo

Os procedimentos metodológicos utilizados referentes à elaboração do modelo computacional, bem como os métodos para a construção do instrumento para avaliação do comportamento do modelo também foram alvo de discussão. Foi utilizada como referência uma ficha de avaliação denominada PAFEG, além da literatura referente ao FEG para construção da ficha de avaliação deste trabalho e o modelo computacional foi baseado conforme a lógica *fuzzy*. Além disto, foi utilizado o apoio de especialista em diversas etapas do trabalho como na construção e preenchimento da ficha de avaliação utilizada para análise do comportamento do modelo e na definição das regras de inferência *fuzzy*.

O modelo foi construído no ambiente Matlab 7.0 e teve seus parâmetros construídos mediante a revisão da literatura e apoio de especialista da área de saúde. Com base na revisão de literatura e na análise do comportamento do modelo foi definido o tipo de função triangular, o método de inferência Mamdani e o método de *defuzzificação* centróide. Neste capítulo foram descritos os tipos de simulações executadas no modelo no intuito de verificar seu comportamento e sensibilidade.

Como resultados das simulações, o modelo mostrou-se mais adaptado às classificações para os graus 1 e 2 dadas pelo especialista na ficha de avaliação (GFE). Como foi visto no capítulo 3, o grau do FEG tem o valor mínimo em 1 e o valor máximo em 4, assim como no modelo, porém na população em estudo, foram encontrados graus 1,2 e 3 classificados pelo especialista (GFE) e diversos graus de comprometimento entre 1 e 2 pelo modelo (GFF). Uma possível justificativa para esse dado é porque a faixa etária escolhida para a validação normalmente

apresenta graus 1 e 2 de FEG. Em relação ao grau 3 fornecido na classificação do especialista o modelo não se comportou bem. Talvez tenha sido porque, o modelo identificou a relação entre as outras variáveis de entrada para gerar o grau de comprometimento pelo FEG, graduando mais a disfunção, enquanto que o especialista possivelmente se baseou principalmente nos testes clínicos. Esta classificação dada pelo especialista é a mais utilizada na atualidade e que reflete diretamente no grau do FEG.

O modelo se mostrou sensível ao responder as variações atribuídas ao conjunto de variáveis de entrada História Atual (HA). Esse resultado concorda com a literatura quando aponta que com as mudanças na história atual o grau do FEG também se modifica, principalmente após a adoção de mudanças nos hábitos que contribuem para seu desencadeamento, como alimentação inadequada e falta de atividade física. Assim, o modelo pode fornecer ao paciente o grau de comprometimento pelo FEG (FEG *Fuzzy*), caso ele mude seus hábitos, através da mensuração quantitativa dessa melhora. Além disso, o especialista pode interferir no programa terapêutico estabelecido através de simulações na variável história atual de seu paciente, como também, através das mudanças de comportamento associadas a História Atual do indivíduo, traçar novas metas terapêuticas.

Os resultados das simulações mostram que o modelo representou o grau de comprometimento pelo FEG em mais da metade da população analisada quando comparado com a classificação para o FEG dada pelo especialista.

Sendo assim, através do modelo FEG *fuzzy* é possível caracterizar a disfunção, pois através de simulações é possível traçar a variação do comportamento dos fatores que levam ao FEG, atuando então de forma preventiva. Além disso, é possível graduar o comprometimento pelo FEG, acompanhar a evolução e fornecer o prognóstico da disfunção através de uma variável quantitativa, o FEG *fuzzy*.

Este trabalho traz nova contribuição para a literatura. Nas outras formas de classificação do FEG, os fatores etiológicos não são considerados diretamente para sua classificação, enquanto que neste modelo os antecedentes patológicos, os

hábitos de vida e as disfunções teciduais são considerados para gerar o grau de comprometimento pelo FEG.

Além disto, com o modelo é possível incluir esses fatores etiológicos no intuito de gerar um grau de comprometimento que tem como resposta um valor intermediário de classificação do FEG, uma classificação que não é ausência ou a presença de um só grau, mas um pouco de cada grau. Sendo assim, através do modelo é detectado um grau intermediário que possibilita uma análise intermediária da disfunção e conseqüentemente o planejamento mais direcionado no tratamento do FEG.

Diante das pesquisas realizadas na literatura observou-se que o modelo computacional do grau de comprometimento pelo FEG é o primeiro estudo que quantifica o FEG (FEG *fuzzy*) procurando relacionar os fatores etiopatogênicos através da lógica *fuzzy* e tendo como resposta uma classificação intermediária do FEG.

Sendo assim, espera-se que este modelo computacional seja utilizado como instrumento de apoio para a construção do programa terapêutico usando dados intermediários ou então com os dados da classificação tradicional em graus, como também como fonte de pesquisa de outros modelos de apoio a decisão, ampliando a inserção da informática na área de saúde.

6.1 Atividades futuras de pesquisas

A pesquisa científica nunca se esgota em si mesma, principalmente porque novos objetos de estudo podem surgir quando outros pesquisadores ou até mesmo o próprio pesquisador observa o mesmo objeto de estudo sob outras perspectivas. Acredita-se que existem possibilidades para a continuação da pesquisa como a ampliação da mesma quando o modelo for submetido a novas simulações utilizando outros conectores, outras faixas etárias e outras variáveis.

O comportamento do modelo também pode ser analisado com o uso de outros conectores, como, por exemplo, o conector união, como também podem ser utilizadas faixas etárias superiores as analisadas onde possivelmente serão encontrados graus de comprometimento mais elevados, como os graus 3 e 4.

O modelo pode ser incrementado ao se adicionar novas variáveis de entrada que possam abranger mais a etiopatogenia da celulite. Outra proposta seria identificar o impacto do modelo proposto na sociedade como instrumento de apoio na identificação do grau de comprometimento pelo FEG através da metodologia *fuzzy*.

Como perspectivas futuras pretende-se construir um *software* interativo que seja utilizado como apoio a decisão quanto a classificação do FEG a ser fornecida pelo especialista para a construção de sua proposta terapêutica (de apoio diagnóstico ou para emitir um prognóstico). Outro objetivo do programa FEG *fuzzy* seria para mostrar ao paciente quanto de alteração no grau de comprometimento pelo FEG ele poderia ter caso modificasse seu comportamento, sua atitude diante dos hábitos de vida que adota.

Pretende-se ainda desenvolver um modelo *fuzzy* de análise de imagens da pele com FEG. Sendo assim, através da análise *fuzzy* das imagens o especialista teria mais um instrumento de comparação para identificar o grau de comprometimento pela disfunção. Programas de reconhecimento de imagens utilizando sistema de inferência *fuzzy* são utilizados, por exemplo, para a determinação da cor da pele de indivíduos. (BONVENTI JR e COSTA, 2003).

Referências Bibliográficas

ABBOD, M. F. *et al.* Survey of utilisation of fuzzy technology in Medicine and Healthcare. **Fuzzy Sets and Systems**. v. 120, n. 2, p. 331-49, June 2001

ALMEIDA T. A.; YAMAKAMI A.; TAKAHASHI, M. T. Sistema Imunológico Artificial para resolver o problema da Árvore Geradora Mínima com parâmetros *fuzzy*. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.27, n.1, p.131-154, Jan./Abr. de 2007

ALRECK, P. L.; SETTLE, R. B. **The survey research handbook: guidelines and strategies for conducting a survey**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 463, p.

AURICCHIO, A.M.; MASSAROLLO, M. C. K. B. Procedimentos estéticos: percepção do cliente quanto ao esclarecimento para a tomada de decisão. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v.41, n.1, p.13-20, Mar. 2007

AVRAM, M.M. Cellulite: a review of its physiology and treatment. **Journal of Cosmetic and Laser Therapy**. v. 6, n. 4, p.181-185, 2004.

ASSUMPÇÃO, A.C. *et al.* Eletrolipólise (eletrolipoforese). In: BORGES, F. S. **Dermato-Funcional Modalidades Terapêuticas nas Disfunções Estéticas**. 1ed. São Paulo: Phorte, 2006, p. 207-226.

BACCI, P. A.; LEIBASCHOFF, G. Pathophysiology of cellulite. In: GOLDMAN, M. P. (Org.) **Cellulite Pathophysiology and Treatment**. New York: Taylor & Francis Group, 2006 a., p. 41-74.

_____. Clinical-Therapeutic Classification: BIMED-TCD In: GOLDMAN, M. P. (Org.) **Cellulite Pathophysiology and Treatment**. New York: Taylor & Francis Group, 2006 b, p.115-141.

BELACEL, N.; VINCKE, Ph; SCHEIFF J. M.,; BOULASSEL, M. R.; Acute leukemia diagnosis aid using multicriteria fuzzy assignment methodology . **Computer Methods and Programs in Biomedicine** . v. 64, n. 2, p. 145-151, feb. 2001.

BONVENTI JR, W. ; COSTA, A. H. R. Sistema Semi Automático de Detecção de pele por agrupamento nebuloso. In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente SBAI, 2003, Bauru- São Paulo. **Anais da Sociedade Brasileira de Automática**, Bauru, 2003. p. 567-572

BURIHAN, E., BAPTISTA-SILVA, J.C.C. O exame vascular. In: PITTA, G.B.B., CASTRO, A. A., BURIHAN, E. **Angiologia e cirurgia vascular: guia ilustrado**. Maceió: UNCISAL/ECMAL & LAVA; 2003. Disponível em: URL: <http://www.lava.med.br/livro> (acesso em setembro de 2007)

CAMPOS FILHO. Pio. **Método para apoio à decisão na verificação da Sustentabilidade de uma Unidade de Conservação, usando Lógica Fuzzy**. 2004, 210f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004

CORCHADO, Model of experts for decision support in the diagnosis of leukemia patients. **Artificial Intelligence in Medicine**, v. 46, n. 3, p.179-200, Jul. 2009.

COLLIS, N.B.S *et al.*, Cellulite treatment: a myth or reality: a prospective randomized, controlled trial of two therapies, endermologie and aminophylline cream [cosmetic] **Plastic & Reconstructive Surgery**. v.104, n. 4, p. 1110-1114, Sep. 1999.

EXARCHOS, T.P. *et al.* **A methodology for the automated creation of fuzzy expert systems for ischaemic and arrhythmic beat classification based on a set of rules obtained by a decision tree** . **Artificial Intelligence in Medicine**. v. 40 , n.3, p.187-200, jul 2007.

FIGUEIREDO, C. M. S. **Efeitos da Vacuoterapia no Fibro Edema Gelóide graus II e III: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Fisioterapia) – Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, 2007.

FRANCISCHELLI NETO, M.; FRANCISCHELLI, R. T.; OLIVEIRA; A. P. de. Estudo da Composição Corporal e suas Implicações no Tratamento da Hidrolipodistrofia e da Síndrome de Desarmonia Corporal – CELULITE. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Estética**, n. 15, p. 20-7, dezembro de 2003.

FONSECA. O. L. H. **Aplicação de métodos de análise espacial e da teoria dos conjuntos nebulosos em estudos sobre pobreza**. 2003 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação). Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2003.

FONSECA-ALANIZ, M. H. *et al* . O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 219-29, Apr. 2006 .

GODOY, J. M. P; GODOY, M. F. G. **Celulite do diagnóstico ao tratamento**. São José do Rio Preto: Talk Club Assessoria, 2003. 64 p.

GOLDMAN, M. P. (Org.) **Cellulite Pathophysiology and Treatment**. New York: Taylor & Francis Group, 2006. 327 p.

GONCALVES, W.L.S. *et al*. Utilização da terapia ultra-sônica de baixa intensidade na redução da lipodistrofia ginecóide: uma terapia segura ou risco cardiovascular transitório? Um estudo pré-clínico. **Anais Brasileiros de Dermatologia**. [online]. Rio de Janeiro, vol.80, suplemento.3 p. S352-S359. Nov./Dec. 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962005001000015&lng=en&nrm=iso> (Acesso em 14 set 2008).

GUIRRO, E. C. de O.; GUIRRO, R. R de J. Fibro Edema Gelóide In: GUIRRO, E.; GUIRRO, R. **Fisioterapia Dermato-Funcional. Fundamentos, Recursos e Patologias**. 4 ed. São Paulo: Manole, 2004. p. 347-389.

HEXEL, D.; HEXEL, C. L. Social impact of cellulite and its impact on quality of life. In: GOLDMAN, M. P. (Org.) **Cellulite Pathophysiology and Treatment**. New York: Taylor & Francis Group, 2006. p.1-5.

HSING-CHIA K.; HUI-KUO C.; YEN-ZEN W. Symbiotic evolution-based design of fuzzy-neural diagnostic system for common acute abdominal pain. **Expert Systems with Applications**. v. 27, n. 3, p.391–401, oct. 2004

INNOCENT P.R.; JOHN R.I. Computer aided fuzzy medical diagnosis. **Information Sciences**. v. 162, n. 2, p. 81-104, may 2004.

KOWALSKI, M.; FERREIRA, M. B. R. Estética, corpo e cultura, **Revista Conexões, Campinas**, v. 5, n. 2, p. 90-112, 2007.

LEITÃO,A.C.R.; PONDOFE, K.M.;MEYER,P.F. **Satisfação do paciente com a fisioterapia dermatofuncional: pós-operatório de lipoaspiração**. **Revista Fisioterapia Brasil**. São Paulo, vol. VIII Nº1 Suplemento: Artigos originais jan/fev 2007

LOTTI, T. *et al.* Proteoglycans in so-called cellulite. **International Journal of Dermatology**. v. 29, n. 4, p. 272-274, may 1990.

LUCASSEN G. W. *et al.* The effectiveness of massage treatment on cellulite as monitored by ultrasound imaging. **Skin Research and Technology**. v. 3, n. 3, p. 154-160, aug. 1997.

MAHFOUF, M.; ABBOD, M.F; LINKENS, D.A. Survey of fuzzy logic monitoring and control utilisation in medicine. **Artificial Intelligence in Medicine**. v. 21, n. 1-3, p. 27-42, Jan/Mar 2001.

MALUTTA C. **Método De Apoio à Tomada de Decisão Sobre a Adequação de Aterros Sanitários Utilizando a Lógica Fuzzy**. 2004, 221f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2004.

MAREK, K. D. *et al.* Assessment of Biomechanical Skin Properties: Is Cellulitic Skin Different? **Aesthetic Surgery Journal**. v.22, n. 3, p. 260-66, may/june 2002.

MATTOS, M. C. de. **Sistema difuso de controle da assistência respiratória em Neonatos- SARE**. 2001, 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MEDEIROS. M. A. A. **Modelagem e Simulação Neuro-Fuzzy de um Controlador de Componente Reativa em Linha de Assinante ADSL**. 2006, 137f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional). Pós-Graduação Curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional, Belo Horizonte, 2006.

MENDONÇA, K.M.P.P de *et al.* Ressonância Magnética: um progresso na avaliação objetiva do Fibro Edema Gelóide. **Fisioterapia Ser**, Rio de Janeiro, vol. 2 n. 4, p. 266-268, ago. 2007.

MEYER, P. F. *et al.* Desenvolvimento e Aplicação de um Protocolo de Avaliação Fisioterapêutica em Pacientes com Fibro Edema Gelóide. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v.18, n.1, p. 75-83, jan./mar., 2005

MEYER, P. F. *et al.*, Effects of lymphatic drainage on cellulitis assessed by magnetic resonance. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v.51, n.spe, p. 221-224, dez. 2008

MILANI, G. B.; JOÃO, S. M. A.; FARAH, E. A. Fundamentos da Fisioterapia dermatofuncional: revisão de literatura. **Revista de Fisioterapia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 37-43, 2006.

MILANI, G.B.; NATAL FILHO, A'D.; JOÃO S.M.A Correlation between lumbar lordosis angle and degree of gynoid lipodystrophy (cellulite) in asymptomatic women. **Clinics**, São Paulo, v. 63, p. 503-08, may, 2008.

MIRRASHED, F. *et al.* Pilot study of dermal and subcutaneous fat structures by MRI in individuals who differ in gender, BMI, and cellulite grading **Skin Research and Technology**. v.10, n. 3, p.161- 68, aug. 2004,

MOOLENBURGH, S. E.; MUREAU, M.A.M. ; HOFER, S.O.P. Aesthetic outcome after nasal reconstruction: patient versus panel perception **Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery**. v. 61, n.12, p. 1459-64, dec. 2008.

MOREIRA, E. N. **O Programa de Conservação Auditiva como ferramenta de gestão da saúde auditiva na indústria de embalagens de papelão ondulado**. 2007, 105 f. Dissertação (Mestre em Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) Centro Universitário Senac – SP, São Paulo, 2007

NEGNEVITSKY, M. Fuzzy expert systems In: **Artificial Intelligence. A guide to Intelligent Systems**. Secon Edition, Londres: *Addison Wesley/Longman*, 2005 p. 87-129

OMS - World Health Organization. **Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases**. Geneva: World Health Organization; 1990.

ORIÁ, R. *et al.* Estudo das alterações relacionadas com a idade na pele humana, utilizando métodos de histomorfometria e autofluorescência. **Dermatology**. v.78, n. 4, p. 425-434. july./aug. 2003.

ORTEGA, N.R.S. *et al.* A Fuzzy Reed–Frost Model for Epidemic Spreading. **Bulletin of Mathematical Biology**. v. 70, p.1925-1936, jul. 2008

ORTONNE, J.P. *et al.* Cellulite and skin ageing: is there any interaction? **Journal of the European Academy of Dermatology & Venereology**, v. 22, n.7, p. 827-834, jul 2008.

PARIENTI, I.J. **Medicina Estética**. São Paulo: Andrei. 2001, p. 39-49.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2003. 596 p.

PHILLIPS, K.A. *et al.* Rate of body dysmorphic disorder in dermatology patients. ***Journal of the American Academy of Dermatology***. v. 42, n. 03, p. 436-41, mar. 2000.

PIÉRARD, G.E. Commentary on cellulite: skin mechanobiology and the waist-to-hip ratio. ***Journal of Cosmetic Dermatology***. v. 4, n. 3, p. 151-2, sep. 2005.

PITANGA, F.J.G. Avaliação da Aptidão Física. In: **Testes medidas e avaliação em Educação Física e Esportes**, 3ª ed. São Paulo: Phorte, 2004, p.79 -177.

QUATRESOOZ P. *et al.* Cellulite histopathology and related mechanobiology. ***International Journal of Cosmetic Science***. v. 28, n. 3, p. 207-210, Jun. 2006.

QUERLEUX, B. *et al.* **Anatomy and physiology of subcutaneous adipose tissue by in vivo magnetic resonance imaging and spectroscopy: Relationships with sex and presence of cellulite**. ***Skin Research and Technology***. v. 8, n. 2, p. 118-124, may. 2002.

ROSSI, A. B. R.; VERGNANINI, A. L. Cellulite: a review. ***Journal European Academy of Dermatology and Venereology***. v.14, n. 4, p. 251-262, jul. 2000.

SAADE, J.J. A Defuzzification Based New Algorithm for the design of Mamdani-Type Fuzzy Controllers, ***Mathware & Soft Computing***. Granada, vol 7, n.2-3, 2000.

SAMPAIO L. S.; BARRETO L. M. N. **Efeitos da drenagem linfática mecânica no Fibro Edema Gelóide: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Fisioterapia) – Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, 2006.

SABBATINI. R.M.E. História da Informática em Saúde no Brasil. ***Revista de Informática Médica***, São Paulo, v. 1, n. 05, p. 2-5, set/out 1998.

SAMPAIO, R. P. A. de; FERREIRA, R. F. Beleza, identidade e mercado. ***Psicologia em Revista***, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 120-140, abr. 2009.

SÁNCHEZ, C.F. *et al.* Estudos anatomopatológico e termográfico da celulite. **Revista de Cosmiatria & Medicina Estética**. São Paulo, v.1, n. 2, p. 3-13. jan/mar. 1994

SANDRI S, CORREA, C. **Lógica Nebulosa**. V Escola de Redes Neurais, Conselho Nacional de Redes Neurais, ITA, São José dos Campos, p. c073-c090,1999.

SARWER, D.B.; MAGGE, L.; CLARK, V. Physical appearance and cosmetic medical treatments: physiological and socio-cultural influences. **Journal of Cosmetic Dermatology** v. 2, n. 1, p. 29-39, jan. 2003.

SILER W.; BUCKLEY J. **Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning**. New Jersey: John Wiley & Sons Interscience, 2005, 405 p.

SIVANANDAM, S.N.; SUMATHI, S.; DEEPA, S.N. **Introduction to fuzzy logic using MATLAB**. Heidelberg: Springer, 2007, 430 p.

SMALLS, L. K., **Development of quantitative models for the investigation of gynoid lipodystrophy (cellulite)**, 2005, 202f. Dissertação (Doctor of Philosophy in, Pharmaceutical Sciences). Claflin University, Orangeburg, South Carolina, 2005.

SMALLS, L. K. *et al.* Effect of weight loss on cellulite: Gynoid Lipodystrophy. **Plastic and Reconstructive Surgery**. v.118, n. 2, p. 510-516, aug. 2006.

SMITH, W.P. Cellulite Treatments: Snake Oils of Skin Science. **Cosmetics and Toiletries**, v.110, p. 61-70, jul.1995.

STANLEYA, J. *et al.* A fuzzy-based histogram analysis technique for skin lesion discrimination in dermatology clinical images. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, n.5, p. 387-396, sep./oct. 2003.

TANAKA E. D. O. **O desenvolvimento de uma escala de atitudes sociais em relação ao trabalho da pessoa com deficiência**. 2007. 198f. Dissertação (Doutorado em Educação). Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2007.

TANAKA, H. *et al.* Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. **Clinics**, São Paulo, v. 63, n. 3 p. 363-70, 2008.

TERRANOVA, F.; BERARDESCA, E.; MAIBACH H. **Cellulite: nature and aetiopathogenesis. International Journal of Cosmetic Science.** v. 28, n. 3, p. 155-232, jun. 2006.

THÉ M. A. L. **Raciocínio Baseado em Casos uma Abordagem Fuzzy Para Diagnóstico Nutricional.** 2001. 182f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001

ULRICH, W. **A celulite é curável.** Rio de Janeiro: Tecnoprint Ltda, 1982. 118p

VINCENT, T.Y. Ng; BENNY Y.M. F.; TIM, K.L., Determining the asymmetry of skin lesion with fuzzy borders. **Computers in Biology and Medicine.** v. 35, n. 2, p. 103-120, feb. 2005.

WESTPHAL, J. T. **Modelagem Difusa de um Sistema Especialista Médico: Avaliação dos Fatores de Internação em Crianças Queimadas.** 2003, 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Programa de pós-graduação em ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

APÊNDICE A – Ficha de Avaliação para o Fibro Edema Gelóide

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO FIBRO EDEMA GELÓIDE (FEG) EM MEMBROS INFERIORES (Regiões de coxas e glúteos)

Objetiva avaliar o FEG nos membros inferiores em relação aos hábitos de vida, às disfunções circulatórias, teciduais cutâneas e subcutâneas. Para as questões que seguem o avaliador **(você)** deve assinalar um (X) no número correspondente ao seu índice de acometimento ou índice de frequência, conforme indicação abaixo.

DADOS SOCIO DEMOGRÁFICOS

Data da Avaliação: ____/____/____

código: _____ Idade: _____ anos Gênero: _____ cor da pele: _____ Estado Civil: _____
 Escolaridade: _____ Profissão: _____ G P A
 Peso(kg)/Altura(cm) _____/_____ IMC: _____

Índice de frequência:

1 - Sempre, 2- Com Frequência, 3- Às vezes, 4-Raramente 5-Nunca

CRITÉRIOS / FATORES	ÍNDICE DE FREQUÊNCIA				
ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	1	2	3	4	5
Apresenta disfunção na tireóide					
Apresenta episódios de Acne					
Apresenta episódios de Quadro Depressivo (depressão)					
Apresenta diabetes Mellitus					
Apresenta distúrbios hormonais					
Apresenta distúrbios circulatórios					
HISTÓRIA ATUAL	1	2	3	4	5
Ingere muita bebida alcoólica					
Fuma muito					
Ingere muita água					
Ingere muito café					
Ciclo menstrual é regular					
Realiza dieta rica em açúcares (carboidratos simples)					
Realiza dieta rica em gorduras					
Pratica Atividade física aeróbica					
Pratica Atividade física anaeróbica					
Dorme bem					
Fica sentado muito tempo _____ horas					
Utiliza vestuário que aperte os membros inferiores					
Tem dor tipo cansaço nos membros inferiores					
Tem sensação de peso nos membros inferiores					
MEDICAMENTOS	1	2	3	4	5
Utiliza hormônios tireoidianos (T3, T4)					
Utiliza anti-histamínicos (anti-alérgico)					
Utiliza corticóides					
Utiliza anti-inflamatórios					
Utiliza anticoncepcional (hormônios)					

(Continuação) APÊNDICE A – Ficha de Avaliação para o Fibro Edema Gelóide

Índice de acometimento:

1-(**Todos, total**), 2-Muitos, 3-Alguns, 4-Poucos, 5-Nenhum

CRITÉRIOS / FATORES	ÍNDICE DE ACOMETIMENTO				
ANTECEDENTES FAMILIARES	1	2	3	4	5
Possui familiares com diagnóstico de FEG (mãe, irmã, tia, avó)					
Possui familiares com diagnóstico de distúrbios circulatórios (mãe, irmã, tia, avó)					
Possui familiares com diagnóstico de distúrbios endócrinos (mãe, irmã, tia, avó)					
DISFUNÇÕES CIRCULATÓRIAS					
	1	2	3	4	5
Apresenta temperatura da pele diminuída					
Apresenta edema					
Apresenta telangiectasias					
Apresenta varizes					
Apresenta equimoses					
DISFUNÇÕES TECIDUAIS (cutânea e subcutânea)					
	1	2	3	4	5
Possui Biótipo Ginóide					
Apresenta adiposidade terço proximal e lateral de coxa (culotes)					
Apresenta depressões teciduais sem contração muscular					
Apresenta depressões teciduais com contração muscular					
Apresenta depressões teciduais com teste de pele de laranja					
Apresenta dor com teste de prensão					
Apresenta estrias					
Apresenta pele desidratada					
Apresenta flacidez dérmica					

Classifique Grau do FEG: _____

Classifique forma clínica do FEG: _____

Observações:

APÊNDICE B – Intervalos numéricos associados às variáveis fuzzy a função gaussiana

Variável fuzzy	Antecedentes	História atual	Disfunções
Intervalo numérico	Ruim, [0.5 1]	Muito provável [0.5 1]	Grave [0.5 1]
	bom [0.5 3]	Provável [0.5 3]	Média [0.5 3]
	Excelente [0.5 5]	Pouco provável [0.5 5]	Branda [0.5 5]

APÊNDICE C – Possibilidades de relação entre as variáveis para a classificação para o FEG

Data: ___/___/___

Avaliador: _____

Possibilidades de relação entre as variáveis e a classificação para o FEG

Prezado avaliador, diante de cada linha do quadro, sublinhe o tipo de relação possível entre as três variáveis de entrada (V1, V2 E V3) e aponte uma possível classificação para o FEG. A relação das variáveis de entrada foi através dos conectivos lógicos e, ou, negação ou a não interferência daquela variável para o grau do FEG. Caso necessário, solicite mais folhas para a construção desta relação.

Nº regra	Se				Então	
	V1		V2		V3	Classificação para o FEG
	Antecedentes Patológicos e Familiares	Ou	História Atual	Ou	Disfunções teciduais e circulatórias apresentadas	Grau do FEG I, II, III, IV
	Não interfere	E	Não interfere	E	Não interfere	
	Não (negação do item)		Não (negação do item)		Não (negação do item)	
	Antecedentes Patológicos e Familiares	Ou	História Atual	Ou	Disfunções teciduais e circulatórias apresentadas	Grau do FEG I, II, III, IV
	Não interfere	E	Não interfere	E	Não interfere	
	Não (negação do item)		Não (negação do item)		Não (negação do item)	
	Antecedentes Patológicos e Familiares	Ou	História Atual	Ou	Disfunções teciduais e circulatórias apresentadas	Grau do FEG I, II, III, IV
	Não interfere	E	Não interfere	E	Não interfere	
	Não (negação do item)		Não (negação do item)		Não (negação do item)	
	Antecedentes Patológicos e Familiares	Ou	História Atual	Ou	Disfunções teciduais e circulatórias apresentadas	Grau do FEG I, II, III, IV
	Não interfere	E	Não interfere	E	Não interfere	
	Não (negação do item)		Não (negação do item)		Não (negação do item)	
	Antecedentes Patológicos e Familiares	Ou	História Atual	Ou	Disfunções teciduais e circulatórias apresentadas	Grau do FEG I, II, III, IV
	Não interfere	E	Não interfere	E	Não interfere	
	Não (negação do item)		Não (negação do item)		Não (negação do item)	

APÊNDICE D – Códigos de tabulação para os dados qualitativos

Código	
cor pele	
9	não respondeu
1	branco
2	amarelo
3	parda
4	negra
5	morena
6	morena escura
Estado civil	
9	não respondeu
1	solteira
2	casada
GPA	
9	não respondeu

APÊNDICE E – Regras do modelo determinadas pelo especialista.

Nº regra	Se	Premissa					então	Conclusão
1	Se	(antecedente é ruim)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 4)
2	Se	(antecedente é ruim)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 4)
3	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 2)
4	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 4)
5	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 3)
6	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 2)
7	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 3)
8	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 2)
9	Se	(antecedente é ruim)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 1)
10	Se	(antecedente é bom)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 4)
11	Se	(antecedente é bom)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 3)
12	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 3)
13	Se	(antecedente é bom)		(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 2)
14	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 2)
15	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 2)
16	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 2)

(Continuação) do APÊNDICE E – Regras do modelo determinadas pelo especialista.

Nº regra	Se	Premissa					então	Conclusão
17	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 1)
18	Se	(antecedente é bom)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 1)
19	Se	(antecedente é excelente)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 3)
20	Se	(antecedente é excelente)	e	historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 2)
21	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é muito provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 2)
22	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 2)
23	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 1)
24	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é provável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 1)
25	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é grave)	então	(Grau FEG é 2)
26	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é média)	então	(Grau FEG é 1)
27	Se	(antecedente é excelente)	e	(historia atual é improvável)	e	(disfunções teciduais é branda)	então	(Grau FEG é 1)

APÊNDICE F - Dados da ficha de avaliação, grau FEG *fuzzy* para as funções triangular, gaussiana e grau FEG do especialista.

Dados da ficha de avaliação, grau FEG *fuzzy* para as funções triangular, gaussiana e grau FEG do especialista

Código	AP	HA	DT	TC	GFFT	GFFTTC	GFFG	GFFGTC	GFE
001	3,44	3,60	3,54	3,50	1,94	1,94	1,91	1,91	2
002	3,33	3,75	3,62	3,75	1,78	1,74	1,89	1,89	2
003	3,33	3,75	4,15	3,75	1,78	1,74	1,89	1,89	2
004	3,00	2,85	4,08	3,50	1,98	1,98	1,92	1,91	2
005	4,11	3,75	3,54	3,75	1,09	1,10	1,54	1,54	2
006	3,89	3,75	3,23	2,75	1,46	1,46	1,84	1,84	2
007	3,89	4,05	3,92	3,75	1,09	1,10	1,66	1,66	1
008	3,33	3,00	3,31	3,75	1,97	2,00	1,91	1,91	2
009	3,56	3,70	3,69	3,50	1,84	1,84	1,90	1,90	2
010	3,89	3,85	4,00	3,75	1,50	1,52	1,81	1,84	2
011	3,56	2,70	3,69	4,00	1,92	1,93	1,92	1,93	2
012	3,56	3,50	3,54	4,00	1,93	1,93	1,91	1,91	1
013	3,56	3,95	3,69	3,75	1,34	1,41	1,79	1,79	2
014	3,33	3,60	4,15	3,75	1,94	1,90	1,91	1,91	2
015	4,22	4,05	3,77	3,75	1,09	1,10	1,50	1,50	2
016	4,11	3,90	3,85	3,50	1,09	1,09	1,56	1,56	2
017	3,78	3,80	4,69	4,50	1,69	1,69	1,87	1,87	1
018	3,78	3,10	2,85	2,50	1,69	1,69	1,89	1,89	3
019	3,33	2,90	3,08	2,75	1,97	1,97	1,91	1,92	3
020	3,56	3,40	3,38	2,75	1,93	1,93	1,91	1,91	2
021	3,56	3,50	4,08	3,50	1,93	1,93	1,91	1,91	2
022	4,11	3,70	4,46	4,50	1,08	1,08	1,54	1,54	1
023	3,67	3,85	4,38	3,75	1,62	1,63	1,86	1,86	1
024	3,78	3,70	4,46	4,50	1,69	1,69	1,89	1,89	1
025	3,56	4,05	4,08	4,50	1,08	1,08	1,66	1,66	1
026	3,00	3,20	3,69	3,50	2,00	1,98	1,91	1,91	2
027	3,78	3,65	2,85	1,75	1,69	2,00	1,89	1,89	3
028	3,11	3,20	3,62	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
029	4,00	3,85	4,38	4,50	1,10	1,10	1,74	1,74	1
030	3,67	3,40	3,69	3,75	1,82	1,78	1,90	1,90	2
031	3,67	2,75	3,92	3,00	1,81	1,84	1,91	1,91	2
032	3,67	3,45	3,15	2,75	1,84	1,84	1,90	1,90	3
033	3,11	3,45	3,46	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
034	3,00	3,10	3,38	3,50	1,97	1,98	1,91	1,91	2
035	2,56	3,60	3,31	2,50	1,94	1,94	1,93	1,93	3
036	3,67	3,60	4,15	3,75	1,84	1,78	1,90	1,90	2
037	4,00	3,40	3,23	3,50	1,08	1,08	1,74	1,74	2
038	3,44	2,90	3,54	3,50	1,98	1,98	1,91	1,91	2
039	3,67	3,60	3,54	3,75	1,84	1,78	1,90	1,90	2
040	3,56	3,65	3,23	2,75	1,89	1,89	1,90	1,90	3

(Continuação) APÊNDICE F: Dados da ficha de avaliação, grau FEG *fuzzy* para as funções triangular, gaussiana e grau FEG do especialista.

Código	AP	HA	DT	TC	GFFT	GFFTTC	GFFG	GFFGTC	GFE
041	3,56	3,70	3,15	3,75	1,84	1,79	1,90	1,90	2
042	2,67	3,10	4,00	4,00	1,98	1,98	1,94	1,94	1
043	3,56	3,70	3,54	3,50	1,84	1,84	1,90	1,90	2
044	3,67	3,60	3,62	3,50	1,84	1,84	1,90	1,90	2
045	3,78	3,85	4,00	3,75	1,62	1,63	1,84	1,86	2
046	3,33	3,15	2,92	2,50	1,97	1,98	1,91	1,91	3
047	3,67	3,80	3,85	3,75	1,71	1,70	1,87	1,87	2
048	3,78	3,65	3,92	3,75	1,69	1,69	1,87	1,89	2
049	3,22	3,10	2,92	2,50	1,97	1,98	1,91	1,91	3
050	3,78	3,55	3,31	3,50	1,69	1,69	1,89	1,89	2
051	4,22	3,65	3,69	3,75	1,08	1,10	1,35	1,38	2
052	4,33	4,05	4,15	3,50	1,08	1,08	1,22	1,28	2
053	3,89	3,55	3,31	2,75	1,45	1,45	1,84	1,84	3
054	3,67	4,25	3,62	3,50	1,08	1,08	1,32	1,32	2
055	3,56	3,40	4,08	3,50	1,93	1,93	1,91	1,91	2
056	4,33	3,80	4,00	3,50	1,10	1,10	1,44	1,28	2
057	2,89	3,00	3,23	3,25	1,97	1,97	1,91	1,91	3
058	3,89	3,15	4,15	4,50	1,45	1,45	1,84	1,84	1
059	3,67	2,95	2,46	1,75	1,84	1,98	1,90	1,90	3
060	3,56	3,45	3,31	3,25	1,93	1,93	1,91	1,91	3

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Teciduais; TC – Média das Disfunções Teciduais somente com os testes Clínicos; GFFT– Grau FEG *Fuzzy* função Triangular; GFFTTC - Grau FEG *Fuzzy* função Triangular considerando somente média dos testes clínicos; GFFG – Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana; GFFGTC - Grau FEG *Fuzzy* função Gaussiana considerando somente média dos testes clínicos; GFE – Grau FEG Especialista.

APÊNDICE G - Graus FEG *fuzzy* com as diferentes combinações entre as variáveis de entrada

AP	HA	DT	GFF
1	1	1	4,00
1	1	2	3,94
1	1	3	4,00
1	1	4	1,98
1	1	5	1,97
1	2	1	3,94
1	2	2	3,94
1	2	3	3,89
1	2	4	1,98
1	2	5	1,98
1	3	1	4,00
1	3	2	3,94
1	3	3	3,12
1	3	4	1,98
1	3	5	1,97
1	4	1	3,14
1	4	2	3,14
1	4	3	2,03
1	4	4	1,14
1	4	5	1,14
1	5	1	3,12
1	5	2	3,13
1	5	3	1,97
1	5	4	1,08
1	5	5	1,00
2	1	1	3,94
2	1	2	3,94
2	1	3	2,71
2	1	4	2,05
2	1	5	2,05
2	2	1	3,81
2	2	2	3,81
2	2	3	3,73
2	2	4	2,05
2	2	5	2,05
2	3	1	3,69
2	3	2	3,68
2	3	3	3,07
2	3	4	1,98
2	3	5	1,98
2	4	1	3,07
2	4	2	3,07
2	4	3	2,00
2	4	4	1,14

(Continuação) APÊNDICE G - Graus FEG *fuzzy* com as diferentes combinações entre as variáveis de entrada

AP	HA	DT	GFF
2	4	5	1,14
2	5	1	3,07
2	5	2	3,06
2	5	3	1,96
2	5	4	1,08
2	5	5	1,08
3	1	1	4,00
3	1	2	3,94
3	1	3	3,12
3	1	4	3,13
3	1	5	3,12
3	2	1	3,81
3	2	2	3,81
3	2	3	3,10
3	2	4	3,10
3	2	5	3,10
3	3	1	1,97
3	3	2	1,98
3	3	3	1,97
3	3	4	1,98
3	3	5	1,97
3	4	1	2,00
3	4	2	2,00
3	4	3	1,14
3	4	4	1,14
3	4	5	1,14
3	5	1	1,97
3	5	2	1,98
3	5	3	1,00
3	5	4	1,08
3	5	5	1,00
4	1	1	3,13
4	1	2	3,13
4	1	3	1,98
4	1	4	1,98
4	1	5	1,98
4	2	1	3,10
4	2	2	3,10
4	2	3	1,97
4	2	4	1,97
4	2	5	1,97
4	3	1	1,98
4	3	2	1,98

(Continuação) APÊNDICE G - Graus FEG *fuzzy* com as diferentes combinações entre as variáveis de entrada

AP	HA	DT	GFF
4	3	3	1,08
4	3	4	1,08
4	3	5	1,08
4	4	1	2,00
4	4	2	2,00
4	4	3	1,08
4	4	4	1,08
4	4	5	1,08
4	5	1	1,98
4	5	2	1,98
4	5	3	1,08
4	5	4	1,08
4	5	5	1,08
5	1	1	3,12
5	1	2	3,13
5	1	3	1,97
5	1	4	1,98
5	1	5	1,97
5	2	1	3,10
5	2	2	3,10
5	2	3	1,97
5	2	4	1,97
5	2	5	1,97
5	3	1	1,97
5	3	2	1,98
5	3	3	1,00
5	3	4	1,08
5	3	5	1,00
5	4	1	2,00
5	4	2	2,00
5	4	3	1,08
5	4	4	1,08
5	4	5	1,08
5	5	1	1,97
5	5	2	1,98
5	5	3	1,00
5	5	4	1,08
5	5	5	1,00

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Teciduais; GFF– Grau FEG *Fuzzy* (após determinada a função de pertinência);

APÊNDICE H – Comportamento do modelo com variação de HA

Comportamento do modelo com variação de HA

AP	HA	DT	GFF
1	1	1	4,00
1	2	1	3,94
1	3	1	4,00
1	4	1	3,14
1	5	1	3,12
2	1	2	3,94
2	2	2	3,81
2	3	2	3,68
2	4	2	3,07
2	5	2	3,06
3	1	3	3,12
3	2	3	3,10
3	3	3	1,97
3	4	3	1,14
3	5	3	1,00
4	1	4	1,98
4	2	4	1,97
4	3	4	1,08
4	4	4	1,08
4	5	4	1,08
5	1	5	1,97
5	2	5	1,97
5	3	5	1,00
5	4	5	1,08
5	5	5	1,00

AP - Média dos Antecedentes Patológicos; HA – Média da História Atual; DT- Média das Disfunções Teciduais; GFF – Grau FEG *Fuzzy*

ANEXO A – PAFEG (Protocolo de Avaliação do Fibro Edema Gelóide)
(MEYER *et al*, 2005, p. 82-83)

Anexo 01

PROTÓCOLO DE AVALIAÇÃO DO FIBRO EDEMA GELÓIDE
(PAFEG)

I – IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: F M
Endereço: _____ Telefone: _____
Estado civil: _____ Escolaridade: _____ Profissão: _____
Indicação: _____ Data da avaliação: ____/____/____

II – ANAMNESE

Q.P.: _____
H.D.A.: _____

Antecedentes familiares: _____

Antecedentes patológicos: _____

Consome bebida alcoólica: Não Sim, diariamente freqüentemente ocasionalmente

Fuma: Não Sim, 1 a 5 ao dia 5 a 10 ao dia mais de 10 ao dia

Atividade física: Não Sim, qual (is): _____ Freq.: _____

Tipo de alimentação: Hipocalórica Normal Hipercalórica

Distúrbios circulatórios: Não Sim, qual (is): _____

Distúrbios endócrino-metabólicos: Não Sim, qual (is): _____

Distúrbios emocionais: Não Sim, qual (is): _____

Idade da menarca: _____ Menstruação: Regular Irregular

Nº de gestações: _____ Nº de filhos: _____ Nº de abortos: _____

Uso de medicamentos: Nenhum Hormônios esteróides Hormônios tireoidianos
 Corticóides Anti-histamínicos Outros, qual (is): _____

Tempo de uso: _____

III – EXAME FÍSICO

a) Inspeção:

Cor da pele: Branca Parda Negra

Alterações posturais: Ausente Presente, qual (is): _____

Adiposidade localizada: Ausente Presente, local (is): _____

Depressões: Ausentes Presentes à contração muscular Presentes ao repouso

Edema: Ausente Presente, caxifo: negativo positivo

Microvarizes: Ausente Presente

Telangiectasias: Ausente Presente

Equimose: Ausente Presente

Estria: Ausente Presente

b) Palpação

Trofismo da pele: _____

Flacidez muscular: Ausente Presente

Teste da casca de laranja: Negativo Positivo,

local (is): _____

Teste da prensão: Sem dor Dor fraca Dor desconfortável Dor angustiante Dor torturante,

local (is): _____

Aderência tecidual: Ausente Presente,

local (is): _____

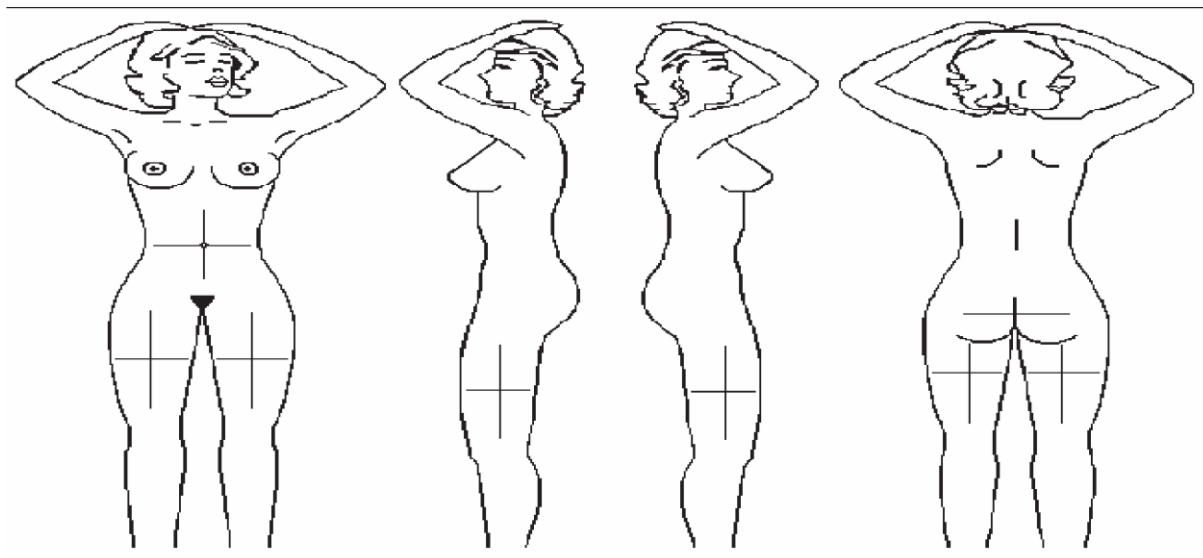
Temperatura local: Aumentada Normal Diminuída,

local (is): _____

Forma do FEG: Flácida Dura Edematosa Mista

CONTINUAÇÃO DO ANEXO A - PAFEG

Figura referente aos itens IV, V.



IV – CLASSIFICAÇÃO

Legenda:

- Grau Brando: foram detectadas depressões e saliências ao teste da casca de laranja e/ou à contração muscular. Não há aumento da sensibilidade dolorosa.
- Grau Moderado: foram detectadas depressões e saliências apenas à inspeção. Há aumento da sensibilidade dolorosa.
- Grau Grave: foram detectadas depressões e saliências intensas à inspeção e à qualquer posição, assemelhando-se a um “saco de nozes”. Há aumento da sensibilidade dolorosa.

V – TESTE DE SENSIBILIDADE TÁTIL (MONOFILAMENTOS DE SEMMES – WEINSTEIN)

Legenda:

- Monofilamento Verde – 0,05g: sensibilidade dentro dos limites normais.
- Monofilamento Azul – 0,2g: tato leve diminuído.
- Monofilamento Roxo – 2,0g: sensação protetora diminuída e perda do tato leve.
- Monofilamento Vermelho escuro – 4,0g: perda da sensação protetora e do tato leve.

Observações: _____

VI – EXAMES COMPLEMENTARES

Responsável _____



COORDENAÇÃO DE FISIOTERAPIA



Salvador, 14 de setembro de 2009

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que permitimos a utilização das fichas de avaliação do Fibro Edema Gelóide (celulite) e de seus referidos dados, obtidos em sala de aula pela disciplina Fisioterapia Dermato-Funcional, no período de agosto a novembro de 2007 ministrada pela professora desta Instituição, Carina Oliveira dos Santos. Em conformidade com a resolução do Conselho de Ética 196/96, esses dados serão utilizados para validação de sua dissertação de mestrado, realizada no SENAI/CIMATEC - BA, intitulada Modelagem Computacional do Grau de Comprometimento pelo FEG (celulite) utilizando sistema de inferência *fuzzy*.


Cristiane Costa Cavalcanti
Coord. do Curso Fisioterapia

Cristiane Cavalcanti
Coordenadora do Curso de Fisioterapia