

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MÍRIAM REGINA BORDINHON

**SISTEMA INTELIGENTE *FUZZY* PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES DE
RISCO À SAÚDE**

Ilha Solteira
2017

MÍRIAM REGINA BORDINHON

**SISTEMA INTELIGENTE *FUZZY* PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES DE
RISCO À SAÚDE**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Câmpus de Ilha Solteira - UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutora em
Engenharia Elétrica.

Área de Conhecimento: Automação

Carlos Roberto Minussi

Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B729s Bordinhon, Míriam Regina.
Sistema inteligente Fuzzy para a classificação dos fatores de risco à saúde /
Míriam Regina Bordinhon. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
91 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2017

Orientador: Carlos Roberto Minussi
Inclui bibliografia

1. Sistemas inteligentes. 2. Lógica Fuzzy. 3. Obesidade. 4. Síndrome
metabólica. 5. Fatores de risco.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Sistema Inteligente *Fuzzy* para a Classificação dos Fatores de Risco à Saúde

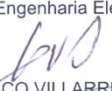
AUTORA: MIRIAM REGINA BORDINHON

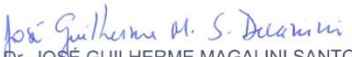
ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO MINUSSI

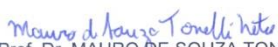
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: AUTOMAÇÃO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS ROBERTO MINUSSI
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. ANNA DIVA PLASENCIA LOTUFO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. FRANCISCO VILLARREAL ALVARADO
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOSÉ GUILHERME MAGALINI SANTOS DECANINI
Câmpus de Presidente Epitácio / Instituto Federal de São Paulo - IFSP


Prof. Dr. MAURO DE SOUZA TONELLI NETO
Câmpus de Votuporanga / Instituto Federal de São Paulo

Ilha Solteira, 10 de março de 2017

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos **Henrique Bordinhon Pegorari** e **Bruna Bordinhon Pegorari**, para que eles nunca desistam de nada, mesmo que leve tempo.

AGRADECIMENTOS

Toda gratidão dou a Deus, por isso, nunca se deve deixar de agradecer, honrar e bendizer seu nome.

Em especial, digo que aprendi muito com meu orientador, pois este me mostrou quando agir com ponderação, ser prudente para com as pessoas que estão ao nosso redor e que de uma maneira ou outra necessitem de nosso apoio no caminhar da vida. Obrigada pela contribuição dada à minha vida profissional.

Dedico aos meus filhos ao qual amo muito, pois só posso deixar para eles toda minha dedicação, afeto e carinho.

Agradeço aos professores da banca de qualificação e de defesa do doutorado, em especial aos professores, Dra. Anna Diva Plasencia Lotufo, Dr. Francisco Villarreal Alvarado, Dr. José Guilherme Magalini Santos Decanini e Dr. Mauro de Souza Tonelli Neto.

Agradeço a Secretaria Municipal de Saúde de Adamantina-SP, por disponibilizar gratuitamente a base de dados do Projeto Prolonga Vida.

Agradeço a todos os alunos da pós-graduação que tive a oportunidade de conhecer durante o percurso.

RESUMO

Nesta pesquisa, é abordado o desenvolvimento de um sistema inteligente visando à classificação (análise) dos fatores de risco à saúde numa visão amplamente adotada pelo Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF). Trata-se de um recurso alternativo importante para a referida entidade, assim como para uso em outros núcleos similares. A base de dados no NASF é composta por informações procedentes de 376 pacientes alocados em setores numa divisão feita por bairros. Estes pacientes são assistidos, semanalmente, com atividades físicas e realização de exames de saúde. Os dados clínicos são armazenados numa base de dados configurada no *MySQL 6.3*. O sistema, baseado na teoria da lógica *fuzzy*, emprega uma métrica de inferência, um controlador *fuzzy*, de acordo com a concepção do dispositivo de *defuzzificação* proposto por Mamdani. Nesta pesquisa, é avaliado o desempenho do controlador lógico *fuzzy*, no qual é possível verificar as classificações de cada indicador como o índice de massa corporal, razão cintura/quadril, pressão arterial, níveis glicêmicos, síndrome metabólica, frequência cardíaca de repouso, colesterol total, LDL-C, HDL-C, triglicerídeos, circunferência abdominal, os quais compõem os principais parâmetros à análise. O sistema para o servidor é realizado usando a linguagem de programação *C-sharp* e do aplicativo web em *Cordova*. Em resumo, verifica-se que o programa do NASF pode ser melhor acompanhado pelos profissionais da área, que puderam obter uma visão do estado da saúde de cada paciente e, assim, direcionarem as atividades físicas adequadas para cada um dos participantes, além disso, o paciente terá à disposição, via *smartphone*, as principais informações sobre perfil da sua saúde permitindo a adoção de recursos com vistas à mitigação dos riscos à saúde dos pacientes.

Palavras-chave: Sistemas inteligentes. Lógica *Fuzzy*. Obesidade. Síndrome metabólica. Fatores de risco.

ABSTRACT

This research addresses the development of an intelligent system focusing on the classification (analysis) of health risk factors through a point of view widely used by NASF (Family Health Support Group). It is an important alternative resource for this entity, as well as for the use of many others similar health support groups. NASF database is formed by information of more than 376 patients divided into sectors through a division made by neighborhoods. These patients are observed weekly, with physical activities and health exams. Clinical data is stored in a *MySQL 6.3* defined database. The system, based on fuzzy logic theory, works with metric inference, a fuzzy controller according to the *defuzzification* process proposed by Mamdani. This research evaluated fuzzy logic controller performance, in which is possible to verify the classification of each indicator such as body mass index, waist/hip ratio, blood pressure, glicemic levels, metabolic syndrome, rest cardiac frequency, total cholesterol, LDL-C, HDL-C, triglycerides, abdomen circumference, which are the main parameters for analysis. The system development for the server was developed by using *C-sharp* and web *Cordova*. In short, it was possible to check that NASF program can have a better follow up by health professionals and obtain the patient status and, thus, direct adequate physical activity for each participant, furthermore, the patient will have his health profile by smartphone which allows resources to be used considering the mitigation of the risk for the patient's health.

Keyword: Intelligent system. Fuzzy logic. Obesity. Metabolic syndrome. Risk factors.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração de metodologia proposta.....	16
Figura 2 – Exemplo de estrutura básica de um sistema <i>fuzzy</i>	34
Figura 3 – Diagrama do estágio de inferência	36
Figura 4 – Diagrama de inferência	37
Figura 5 – Fluxograma das fases de desenvolvimento do sistema	39
Figura 6 – Base de Dados do programa NASF.....	41
Figura 7 - Função de Pertinência da FC Repouso	43
Figura 8 - Função de Pertinência da PAS.....	44
Figura 9 - Função de Pertinência da PAD	45
Figura 10 - Função de Pertinência da CT	46
Figura 12 - Função de Pertinência da HDL	48
Figura 13 - Função de Pertinência da TG.....	49
Figura 14 - Função de Pertinência da NG	50
Figura 15 - Função de Pertinência da IMC.....	51
Figura 16 - Função de Pertinência da Idade	52
Figura 18 - Função de Pertinência da RCQ - Masculino	55
Figura 19 - Função de Pertinência da RCQ - Feminino	57
Figura 20 - Função de Pertinência da CA	58
Figura 21 – Tela de Login do Sistema	65
Figura 22 – (a) Cadastro Paciente, (b) Cadastro Atendimento, (c) Cadastro Exame.	66
Figura 23 – Classificações geradas do SICPC.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da PA.....	25
Tabela 2 - Valores de referência do perfil lipídico.....	26
Tabela 3 - Classificação do RCQ para os indivíduos do sexo <i>masculino</i>	28
Tabela 4 - Classificação do RCQ para os indivíduos do sexo <i>feminino</i>	28
Tabela 5 - Referência para SM.....	29
Tabela 6 - Referência para CA	29
Tabela 7 – Classificações dos pacientes do setor das Acácias	68

LISTA DE ABREVEATURAS

AMB	Associação Médica Brasileira
CA	Circunferência Abdominal
CT	Colesterol Total
DCV	Doenças Cardiovasculares
FC	Frequência Cardíaca
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
I	Idade
IA	Inteligência Artificial
IMC	Índice de Massa Corporal
JDK	<i>Java Development Kit</i>
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
HDL-C	Lipoproteínas de Alta Densidade - Colesterol
LDL-C	Lipoproteínas de Baixa Densidade -Colesterol
MLF	Módulo Lógica <i>Fuzzy</i>
NG	Níveis Glicêmicos
NPM	<i>Node Package Manager</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PID	Proporcional, Integral, Derivativo
RCQ	Razão Cintura Quadril
RNF	Rede Neuro- <i>fuzzy</i>
ROF	Risco à Obesidade Feminina
ROM	Risco à Obesidade Masculina
SM	Síndrome Metabólica
SI	Sistemas Inteligentes
SDK	<i>Software Development Kit</i>
TG	Triglicerídeos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MOTIVAÇÃO	17
1.2	OBJETIVO E CONTRIBUIÇÃO	18
1.3	ESTRUTURA DO TEXTO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	INTRODUÇÃO	20
2.2	ESTADO DA ARTE	20
2.3	DIRETRIZES BRASILEIRAS DE PREVENÇÃO CARDIOVASCULAR, DIABETES MELLITUS, OBESIDADE	23
2.3.1	<i>Frequência Cardíaca Repouso</i>	24
2.3.2	<i>Pressão Arterial</i>	24
2.3.3	<i>Colesterol Total, LDL-C, HDL-C e TG</i>	25
2.3.4	<i>Níveis Glicêmicos</i>	26
2.3.5	<i>Índice de Massa Corporal</i>	27
2.3.6	<i>Razão Cintura/Quadril</i>	27
2.3.7	<i>Síndrome Metabólica</i>	28
2.3.8	<i>Circunferência Abdominal</i>	29
3	SISTEMAS INTELIGENTES	30
3.1	SISTEMAS INTELIGENTES	30
3.2	LÓGICA FUZZY	30
3.2.1	<i>Teoria dos Conjuntos Fuzzy</i>	30
3.2.2	<i>Controlador Baseado no Conhecimento</i>	33
3.2.3	<i>Controlador Fuzzy</i>	33
3.2.3.1	<i>Estágio de Fuzzificação</i>	34
3.2.3.2	<i>Base de Regras</i>	35
3.2.3.3	<i>Estágio de Inferência</i>	35
3.2.3.4	<i>Estágio de Defuzzificação</i>	37

4	SISTEMA INTELIGENTE PARA O CADASTRO, PROCESSAMENTO, E A CLASSIFICAÇÃO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA	39
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM DA BASE DE DADOS	40
4.2	PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS	42
4.2.1	<i>Estágio de Fuzzificação</i>	42
4.2.1.1	<i>Função de Pertinência da FC de Repouso (FCR)</i>	43
4.2.1.2	<i>Função de Pertinência da PAS</i>	44
4.2.1.3	<i>Função de Pertinência da PAD</i>	45
4.2.1.4	<i>Função de Pertinência do CT</i>	46
4.2.1.5	<i>Função de Pertinência do LDL-C</i>	46
4.2.1.6	<i>Função de Pertinência do HDL-C</i>	47
4.2.1.7	<i>Função de Pertinência do TG</i>	48
4.2.1.8	<i>Função de Pertinência dos NG</i>	49
4.2.1.9	<i>Função de Pertinência do IMC</i>	50
4.2.1.10	<i>Função de Pertinência da Idade (I)</i>	51
4.2.1.11	<i>Função de Pertinência para sexo (SEXO)</i>	52
4.2.1.12	<i>Função de Pertinência da RCQ</i>	53
4.2.1.13	<i>Função de Pertinência da CA</i>	57
4.2.2	<i>Base de Regras</i>	58
4.2.3	<i>Etapa de Inferência</i>	60
4.2.4	<i>Etapa de Defuzzificação</i>	61
4.3	FORMATAÇÃO E EXIBIÇÃO DOS DADOS	63
5	RESULTADOS	64
5.1	SISTEMA WEB	64
5.2	SISTEMA PARA SERVIDOR	67
6	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
6.1	CONCLUSÃO	69
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	70
	REFERÊNCIAS	71

APÊNDICE A – Programação das telas de login, cadastro e classificação do sistema Web e sistema em Servidor	74
APÊNDICE B – Programação das classificações do Sistema para o Servidor	87
APÊNDICE C – Documento que mostra a disponibilidade da base de dados trabalhada para o desenvolvimento da pesquisa. Fornecido pela Secretaria de Saúde – Adamantina/SP	93

1 INTRODUÇÃO

Nesta pesquisa, usar-se-á a designação “paciente” à pessoa que necessita de atendimento de saúde, ou seja, tem-se de um lado o especialista (médico, fisioterapeuta, profissionais de educação física, entre outros), do outro a pessoa que será assistida. De acordo com os principais dicionários da língua portuguesa, “paciente” advém dos verbos “sofrer”, “padecer”, “aturar”, assim como de suas derivações. Esta caracterização acaba tornando mais dramática a condição de adoecimento que a pessoa se encontra. Nos dicionários, tem-se outra terminologia eufêmica, nesta relação, que é o “cliente”, que significa, da mesma forma, “doente”, porém, é um tratamento mais “suave”. Por conseguinte, seria mais plausível e menos agressivo o uso desta última terminologia (cliente) que é, por certo, a melhor forma de se relacionar neste contexto.

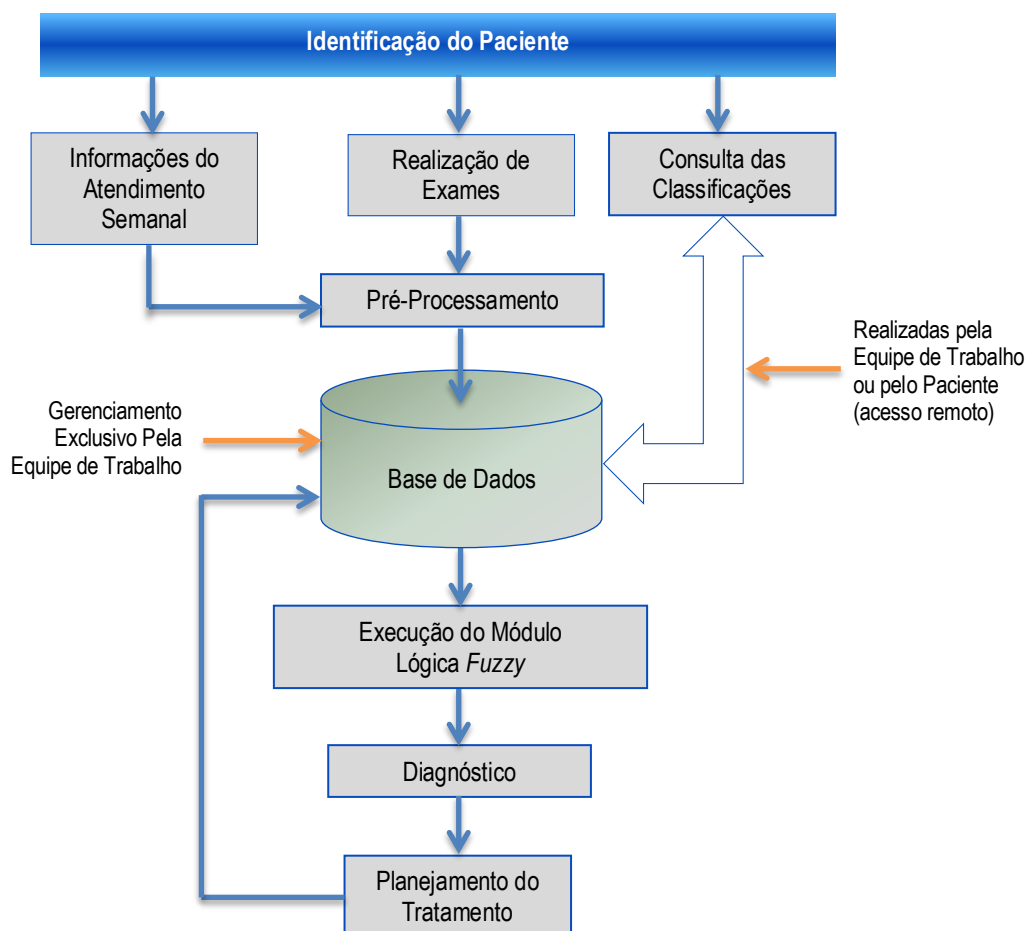
A conscientização da prática de atividades físicas nos últimos anos vem crescendo, pois as pessoas estão cada vez mais reconhecendo que para se ter uma vida saudável, mais longa e equilibrada, tornam-se necessárias as atividades práticas e um controle efetivo da alimentação. A mudança do comportamento para prática de atividades físicas é fundamental e essencial para quem almeja uma longevidade saudável.

Atualmente no Brasil, um dos principais enfrentamentos na área de saúde refere-se às doenças do coração com extensão de larga escala. O Ministério da Saúde tem observado a ocorrência de 326 mil mortes, no ano de 2010, as quais são procedentes de doenças Cardiovasculares (DCV), ou seja, são em torno de 1000 mortes diárias, sendo que 200 mil correspondem, exclusivamente, à doença isquêmica do coração e às doenças cerebrovasculares. Trata-se de um cenário dramático e distante de um controle razoavelmente aceitável (SIMÃO et al., 2014).

Na Figura 1, ilustra-se a metodologia proposta nesta pesquisa. O processo inicia-se pela identificação do paciente cadastrado. Há duas formas do acesso ao sistema: (1) rotina programada visando à realização de exames, bem como de exercícios físicos, fisioterapia, entre outros; (2) obtenção de informações sobre o “status” do paciente com acesso via *smartphone*, ou qualquer outro equipamento de acesso à internet, ou ainda pelo acesso exclusivo ao servidor de dados, sendo que este poderá ser acessado somente pelos profissionais que acompanham o programa. A atividade (2) compreende, exclusivamente, a obtenção de informações sem nenhuma outra interação com o sistema. Somente a equipe de

trabalho e o paciente poderão obter as referidas informações. O paciente participa, de acordo com um roteiro preestabelecido, que ao iniciar suas atividades no programa é feita a coleta de dados com informações do seu estado de saúde, assim como é realizado os exames médicos (coleta de sangue) e semanalmente são coletadas informações do estado de saúde e, assim, são desenvolvidas as atividades físicas. As informações colhidas são pré-processadas e, posteriormente, são adicionadas na base de dados. Na sequência executa-se o módulo baseado na lógica *fuzzy* (MLF). Após a realização do MLF, fica a disposição da equipe de trabalho os diagnósticos do paciente. Em seguida, realiza-se o planejamento das atividades médicas, exercícios, com vista à melhoria do estado de saúde. Uma vez concluído o último bloco (planejamento do tratamento) as informações finais serão armazenadas na base de dados (rotina de atualização).

Figura 1 – Ilustração de metodologia proposta.



Fonte: Elaborado pela própria autora.

1.1 MOTIVAÇÃO

A Secretaria de Saúde iniciou, em meados de março/2016, um trabalho junto aos setores de bairros de Adamantina (SP), convidando os moradores, independente da idade ou do sexo, a iniciarem um treinamento físico, sendo que estes estariam sendo acompanhados por um profissional da fisioterapia e outro da educação física. Inicialmente, foi feita a coleta dos dados, de cada paciente, um exame de sangue e uma vez na semana é realizada a atividade física, sendo que a cada encontro é aferida a pressão arterial.

Contudo, os profissionais, que acompanham todo o trabalho sentiram a necessidade de se ter um controle mais apurado dos dados coletados. Foi, então, desenvolvido um sistema computacional inteligente que os exonerou de estar semanalmente calculando e tabulando os dados de cada indivíduo, sem contar que o grande volume de dados armazenados e um número exorbitante de operações dificultavam no gerenciamento e na tomada de decisões. Sendo assim, tudo foi controlado de forma que o próprio sistema pudesse fornecer as classificações necessárias ao controle da Pressão Arterial (PA), Índice de Massa Corporal (IMC), Frequência Cardíaca (FC), Colesterol Total (CT), Níveis Glicêmicos (NG), Razão Cintura Quadril (RCQ), Síndrome Metabólica (SM), Lipoproteínas de Baixa Densidade-Colesterol (LDL-C), Lipoproteínas de Alta Densidade-Colesterol (HDL-C), Triglicerídeos (TG) e Circunferência Abdominal (CA). Além do que, ficou disponível aos pacientes, o acesso a consultas, pelo celular, das informações oriundas da base de dados e, assim, poderem ter uma melhor visão e consciência do controle de sua saúde, minimizando os riscos, ou seja, todos esses fatores puderam colaborar para o benefício à qualidade de vida da população.

Ressalta-se que a atuação de um especialista da área da saúde se faz muito necessária, pois é por meio destes que um sistema especialista pode ser averiguado e configurado de forma que os resultados sejam os mais precisos possíveis. Faz-se necessário, então, que um especialista da saúde e desenvolvedores de aplicativos troquem informações imprescindíveis ao correto funcionamento do sistema computacional. Assim, o surgimento de novos aplicativos é de fundamental importância, a inovação tecnológica é inevitável, pois os profissionais não teriam mais que realizar determinadas tarefas de forma manual, mas com procedimentos automatizados evitando possíveis erros na entrada de dados e no diagnóstico a respeito dos pacientes.

Neste sentido, as pesquisas existentes têm sido desenvolvidas, abordando vários problemas que são pertinentes aos sistemas de saúde pública. Fica claro então, que a área da

Inteligência Artificial (IA) vem a corroborar para modelar e desenvolver novos processos para esse ambiente.

1.2 OBJETIVO E CONTRIBUIÇÃO

O trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema computacional para controle e classificação de diversas patologias clínicas, para que os profissionais da área da saúde tenham um melhor acompanhamento dos pacientes do NASF, sendo que este possa ser realizado de maneira prática, segura e acessível.

Deve-se destacar que o uso da lógica *fuzzy* proporciona o cálculo de índices de inferência do risco à saúde, com a vantagem de incorporar a inteligência neste processo. O que se espera com isto é obter respostas de melhor qualidade (mais próxima possível da situação real do paciente) e, também, permitir que ajustes possam ser implementados com vistas ao aperfeiçoamento permanente, que é sempre desejável.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

Este texto é composto por seis sessões, dois apêndices e um anexo, conforme descrito a seguir.

2: Fundamentação Teórica

Na sessão 2, são apresentados os conceitos, pesquisas e as tecnologias relacionadas ao estudo, destacando-se a apresentação das Diretrizes Brasileiras.

3: Sistemas Inteligentes

Nesta sessão, são apresentados os conceitos sobre sistemas inteligentes, mais especificamente sobre a lógica *fuzzy*, a qual foi utilizada como base para o desenvolvimento do projeto de doutorado.

4: Sistema Inteligente (SI) para Cadastro, Processamento e Classificação de Obesidade/Síndrome Metabólica.

Na sessão 4, apresenta-se um SI denominado SICPC-OBESIDADE/SM, descrevendo toda a metodologia proposta.

5: Resultados

Esta sessão tem por objetivo apresentar os resultados alcançados.

6: Conclusões e Sugestões Para Trabalhos Futuros

Finalmente, na sessão 6, encontram-se as conclusões desta pesquisa e a apresentação de sugestões para trabalhos futuros.

Apêndice A: Sistema Web.

No apêndice A, encontra-se descrito toda a programação do sistema web desenvolvido, desde as telas de cadastros, assim como das classificações.

Apêndice B: Sistema para Servidor

Já no apêndice B, é possível verificar a programação das classificações geradas e apresentadas no resultado.

Anexo A

No Anexo é apresentado o documento que o Centro de Saúde de Adamantina-SP disponibilizou à base de dados do NASF, o qual foi cordialmente cedido para o desenvolvimento da pesquisa, sem custo adicional para isso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTRODUÇÃO

Numa breve apresentação, nesta sessão, são apresentados os conceitos, pesquisas e tecnologias relacionadas ao estudo da tese de doutorado. Sendo dividido em:

- (1) Estado da Arte. São relacionadas às pesquisas sobre os assuntos abordados, envolvendo os principais trabalhos desenvolvidos sobre classificações de hipertensos, obesidade, diabetes, síndrome metabólica e que utilizam da técnica de lógica *fuzzy*.
- (2) Diretrizes Brasileiras de Prevenção Cardiovascular, Diabetes Mellitus, Obesidade. Apresentados os principais conceitos e diretrizes relacionadas às principais classificações desenvolvidas neste projeto.

2.2 ESTADO DA ARTE

Neste estudo, é desenvolvido um sistema computacional que ajuda os especialistas das áreas da fisioterapia e da educação física a terem um melhor controle de seus pacientes permitindo uma análise quanto à obesidade/síndrome metabólica, e que estejam submetidos ao programa de atividade física desenvolvida pelo NASF. Este programa de atendimento vem sendo desenvolvido na cidade de Adamantina-SP sob a responsabilidade da Secretaria de Saúde. Todo atendimento envolve vários bairros da cidade que estão divididos em setores. A ideia é que todo o atendimento e o acompanhamento sejam realizados utilizando um sistema automatizado, ao qual o especialista providencia a entrada dos dados, e o sistema classifica o risco à saúde, ou seja, usando os principais parâmetros, neste contexto, que são: FC, CT, NG, PA, RCQ, IMC, LDL-C, HDL-C, TG e SM. Este sistema está baseado no uso da lógica *fuzzy* para obter informações de cada paciente. Por fim, os pacientes poderão, via um *smartphone*, acessar seus dados e obter informações acerca do seu estado de saúde atual.

Com a implantação desta nova tecnologia, que pode ser utilizada em tempo real, procurou-se otimizar todo o trabalho de cadastro, bem como gerar todas as classificações provenientes dos controles de cada paciente. O paciente pode consultar seu histórico de classificações, contribuindo desta maneira, para com a melhoria do desempenho das

funcionalidades do atendimento, fatores estes que vêm contribuir visando ganhos de qualidade da saúde da população de uma forma geral, deixando de realizar procedimentos de forma manual, que poderia levar a erros e inconsistência de dados referentes aos pacientes.

Para um melhor detalhamento da pesquisa, foram encontrados diversos trabalhos cujo eixo temático está na utilização da lógica *fuzzy* direcionada ao atendimento de pacientes. Porém, vale a pena destacar que este trabalho é uma pesquisa primária, pois seu direcionamento é voltado para o atendimento de pacientes do posto de saúde em atividade com o trabalho junto ao NASF.

De uma maneira geral, foram identificados vários trabalhos de atendimento ao paciente, e destacam-se os arrolados abaixo:

Desde o início dos estudos sobre a aplicação da lógica *fuzzy*, destaca-se o artigo de Zbinden et al. (1995), cujo objetivo foi comparar quantitativamente o desempenho de um sistema de controle *fuzzy* com o controle humano usual em pacientes submetidos à cirurgia intra-abdominal. O período de observação foi dividido em incisão cutânea, onde o controlador humano deveria, em teoria, ter a vantagem de prever o evento perturbador, e o restante da operação, onde foi possível concluir que a lógica *fuzzy* foi uma técnica promissora para o controle da liberação de isoflurano durante a anestesia de rotina.

Nos estudos de Nemoto et al. (1999), foi desenvolvido um algoritmo de lógica *fuzzy* para o controle da ventilação de suporte de pressão em pacientes em unidade de terapia intensiva, utilizando-se medidas de frequência cardíaca, volume corrente, frequência respiratória e saturação arterial de oxigênio. Conclui-se que o algoritmo *fuzzy* possui o potencial de controlar o nível de ventilação de suporte de pressão de medições dos sinais vitais de um paciente.

Em Nascimento et al. (2009), foi utilizado de um modelo linguístico *fuzzy* para desenvolver um programa computacional de baixo custo capaz de avaliar, de forma mais apropriada, o risco de morte neonatal com base no peso do recém-nascido, idade gestacional, escore de Apgar e relatório prévio natimorto. Esta abordagem proporcionou resultados promissores em várias aplicações médicas, propondo uma mudança paradigmática nas ciências da saúde. A possibilidade de construir uma interface computacional torna este modelo *fuzzy* uma ferramenta útil e promissora.

Miyahira et al. (2011), buscaram um modelo mais preciso para a avaliação de pacientes com sobrepeso e obesidade com excesso aparente de massa corporal, ao qual levou à concepção que indica quando a cirurgia é apropriada para esses pacientes. O Índice de Obesidade *Fuzzy* de Miyahira-Araujo (MAFOI) avalia a obesidade via correlação do IMC e da indicação a cirurgia bariátrica no contexto da teoria dos conjuntos *fuzzy* e da lógica *fuzzy*. O resultado do sistema avaliado mostrou que foi viável para a classificação da obesidade e indicação da cirurgia bariátrica.

Por meio de uma abordagem bioinformática, usando rede neuro-*fuzzy* (RNF), proposta por Ushida et al. (2012), foi possível pesquisar todas as combinações significativas que estão associadas com a síndrome metabólica, identificando os fatores de risco associados à SM, contribuindo assim para a prevenção dessa enfermidade.

Na abordagem estabelecida por Giabbanelli et al. (2012), foi proposto um mapa conceitual *fuzzy* para diagnóstico da obesidade baseando-se em características comportamentais, onde pequenas descrições do paciente podem ser utilizadas para o diagnóstico. O mesmo também foi utilizado com sucesso para apoiar diagnóstico médico de câncer, também para ajudar a controlar o diabetes em aborígenes e para a avaliação de riscos em saúde.

Na referência Ferreti (2012) foi desenvolvido um modelo matemático, baseado na teoria de conjuntos *fuzzy* (ZADEH, 1965), visando auxiliar os profissionais da área da saúde no contexto da avaliação do risco arterial coronariano em homens. O referido modelo é composto por dois sistemas baseados em regras *fuzzy*, considerando os fatores de risco, primários e secundários, do *Framingham Heartly Study*, bem como o risco de um indivíduo desenvolver doença arterial coronária em 10 anos.

No trabalho de Coutinho et al. (2015) foi desenvolvido um modelo computacional, também baseado na teoria de conjuntos *fuzzy*, com vista a estimar o tempo médio de internações de pacientes acometidos por doenças cardiovasculares causadas por poluentes do ar em uma cidade industrial de médio porte. O resultado auferido possui boa precisão para a predição do tempo médio de internação quando a exposição ocorreu em um ou dois dias.

Santos (2015) apresenta, em sua dissertação de mestrado, o desenvolvimento de um sistema inteligente *fuzzy* com o propósito de auxiliar no diagnóstico de níveis de risco da

gestação, integrado a uma plataforma de telemedicina para o suporte e para o acompanhamento de profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal.

2.3 DIRETRIZES BRASILEIRAS DE PREVENÇÃO CARDIOVASCULAR, DIABETES MELLITUS, OBESIDADE

Ressalta-se que muitos dos conteúdos disponíveis na literatura especializada não se baseiam em evidências científicas que possam ser usadas com segurança. Assim, com o objetivo de direcionar o posicionamento diagnóstico e terapêutico de diversas doenças, a Associação Médica Brasileira (AMB) produziu regras para elaborar diretrizes que permitam unificar e otimizar os cuidados com os pacientes. A AMB inclui dados úteis para aplicação na prática clínica, com o objetivo de auxiliar na conduta ética e na tomada de decisão respeitando a ética e baseada em evidências (ABESO, 2009-2010).

Segundo a ABESO (2009-2010), estudos considerando-se diferentes populações, *e.g.*, a mexicana, norteamericana e a asiática, revelam a prevalência elevada da síndrome metabólica, dependendo do critério utilizado e das características da população estudada, variando as taxas de 12,4% a 28,5% e de 10,7% a 40,5%, respectivamente, para homens e para mulheres.

De acordo com o *National Cholesterol Education Program's Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III), a síndrome metabólica representa a combinação de, pelo menos, três componentes dos apresentados na Tabela 5. Pela sua simplicidade e praticidade, é a definição recomendada pela ABESO (2009-2010).

Desta forma, vale a pena destacar que, por exemplo, a obesidade é uma doença crônica que tende a recorrer após a perda de peso e pessoas obesas devem ter contato em longo prazo com profissionais de saúde e o apoio destes profissionais (ABESO, 2009-2010). Apesar dos esforços das sociedades médicas, em parcerias com governo e com universidades, de elaborarem valiosos documentos contendo planos estratégicos de prevenção e de combate às DCV, diretrizes simples e objetivas, que sejam de fácil acesso e manejo às equipes de saúde do país, faz-se necessárias, a fim de que seja possível colocar em prática aquilo que há muito vem sendo discutido por técnicos e cientistas, entretanto com resultados modestos (SIMÃO et al., 2014).

Uma das práticas adotadas para reduzir o risco à SM refere-se às atividades físicas, as quais são determinantes para a perda calórica, do balanço energético e da adequação do peso (ABESO, 2009-2010). Programas educacionais que abordam as medidas preventivas em escolas, clubes, empresas etc., por certo, contribuem para a prevenção da SM (TUOMILEHTO et al., 2001; WHELTON et al., 2002).

No módulo de cadastro dos sistemas desenvolvidos, é possível dar a entrada dos dados dos pacientes em acompanhamento pelo programa NASF, gerando as classificações referente a: FC, PA, CT, LDL, HDL, TG, NG, IMC, RCQ e SM. Na sequência é apresentada a forma de controle de cada classificação.

2.3.1 *Frequência Cardíaca Repouso*

De acordo com as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009), a faixa de normalidade (*normal*) da FC compreende entre 50 bpm (batimentos por minuto) e 100 bpm. Se a FC estiver abaixo de 50 bpm classifica-se este caso como *bradicardia*. Se for superior a 100 bpm, a FC é classificada como *taquicardia*.

2.3.2 *Pressão Arterial*

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma condição clínica multifatorial, caracterizada com elevados níveis da PA. Com alterações funcionais e/ou estruturais dos órgãos-alvo como o coração, encéfalo, rins e vasos sanguíneos e a alterações metabólicas, com consequente aumento do risco de eventos cardiovasculares fatais e não fatais (VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, 2010).

Os limites de PA considerados normais são arbitrários (VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, 2010). A classificação da PA se dá utilizando a Pressão Arterial Sistólica (PAS), bem como a Pressão Arterial Diastólica (PAD). Sua classificação se dá, por exemplo, observando-se os dados relacionados na tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da PA

Classificação	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
<i>Ótima</i>	< 120	< 80
<i>Normal</i>	< 130	< 85
<i>Limítrofe</i>	130 – 139	85 – 89
<i>Estágio 1 (leve)</i>	140 -159	90 – 99
<i>Estágio 2 (moderada)</i>	160 – 179	100 – 109
<i>Estágio 3 (grave)</i>	≥ 180	≥ 110

Fonte: Diretrizes... (2010)

2.3.3 Colesterol Total, LDL-C, HDL-C e TG

A avaliação do colesterol total (CT), visando à mensuração do risco cardiovascular, é recomendada pelos programas de rastreamento populacional. Contudo, este método pode fornecer dados duvidosos, como ocorre em mulheres que frequentemente apresentam níveis elevados de HDL-C e indivíduos com diabetes ou síndrome metabólica, que muitas vezes evoluem com níveis baixos de HDL-C. Para avaliação adequada do risco cardiovascular são imperativas as análises do HDL-C e do LDL-C (XAVIER et al., 2013).

O CT se estiver abaixo de 200 mg/dl é considerado *desejável*; entre 200 e 239 mg/dl é um estado *limítrofe*. Se for maior que 240, o CT é considerado *alto*.

Para o LDL-C, se for inferior a 100 mg/dl é considerado *ótimo*. Se estiver entre 100 e 129 mg/dl é *desejável*, e entre 130 e 159 mg/dl é *limítrofe*, entre 160 e 189 mg/dl classifica-se em *alto*, e se for igual e maior a 190 mg/dl será *muito alto*.

Em relação ao parâmetro HDL-C, se for maior 60 mg/dl é uma condição *desejável*. Se for inferior a 40, classifica-se como *baixo*.

Classifica-se o TG sendo menor que 150 mg/dl, tem-se o estado *desejável*; entre 150 e 200 mg/dl é classificado como *limítrofe*; entre 200 e 499, classifica-se em *alto*, e igual ou maior a 500 classifica-se como *muito alto*.

Para melhor apresentação dos dados do perfil lipídico, é apresentado um breve resumo os dados da tabela 2.

Tabela 2 - Valores de referência do perfil lipídico

Lipídes	Valores (mg/dl)	Categoria
CT	< 200	Desejável
	200 – 239	Limítrofe
	≥ 240	Alto
LDL-C	< 100	Ótimo
	100 -129	Desejável
	130 -159	Limítrofe
	160 – 189	Alto
	≥ 190	Muito Alto
HDL-C	> 60	Desejável
	< 40	Baixo
TG	< 150	Desejável
	150 – 200	Limítrofe
	200 - 499	Alto
	≥ 500	Muito Alto

Fonte: Xavier (2013) e Simão et al. (2014).

2.3.4 Níveis Glicêmicos

Para Lima et al. (2004), diabetes é uma doença caracterizada pelo excesso de glicose no sangue, podendo evoluir com complicações oculares, renais, vasculares, neurológicas, dentre outras. O diabetes incide com maior índice na população adulta, atingindo até 13,5% em alguns municípios, o que pode envolver uma população atual de cerca 17 milhões de indivíduos. Porém esses números podem se elevar, como consequência de fatores como o crescimento e o envelhecimento da população, assim como a urbanização, o sedentarismo e a obesidade crescentes. Deste modo, torna-se importante a adoção de medidas visando à prevenção, incluindo mudanças no estilo de vida (SIMÃO et al., 2014).

Para a classificação dos NG (nível glicêmico), se a glicemia em jejum for igual ou maior que 126 mg/dl, classifica-se em *diabetes*. Para os valores entre 125 e 126 mg/dl, tem-se o caso de *tolerância diminuída à glicose*. Para valores entre 101 a 125 mg/dl, é classificado como *intolerante de jejum*, e para os valores iguais ou menores a 100 mg/dl, classifica-se como *normal* (LIMA et al., 2004).

2.3.5 Índice de Massa Corporal

Embora o IMC seja uma medida simples, conveniente e até agora válida para estudo da obesidade, medidas de obesidade central (principalmente circunferência abdominal e relação cintura-quadril alteradas), têm-se mostrado mais relacionadas tanto com risco coronariano elevado quanto com infarto agudo do miocárdio (TARASTCHUK et al., 2008).

A classificação do IMC adaptada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), baseia-se em padrões internacionais. É obtido usando-se a equação 1. Tem-se a classificação *baixo peso* se o IMC for menor que 18,5 kg/m², *peso normal* entre 18,5 e 24,9, *sobrepeso* ≥ 25 , *pré-obeso* de 25,0 a 29,9, *obeso I* entre 30,0 e 34,9, *obeso II* entre 35,0 e 39,9 e *obeso III* $\geq 40,0$. Quanto maior for grau de excesso de peso, maior será a gravidade da doença (ABESO, 2009-2010):

$$IMC = \frac{\text{peso}}{\text{altura}^2} \quad (1)$$

Embora se possam usar medicamentos, dietas de valor calórico muito baixo e, às vezes, cirurgia nos graus II ou III, as mudanças de estilo de vida por meio de aumento do conhecimento e de técnicas cognitivo-comportamentais são fundamentais (ABESO, 2009-2010). Na equação 1, os valores de *peso* e de *altura* devem ser fornecidos nas unidades kg (quilograma) e m (metro), respectivamente.

2.3.6 Razão Cintura/Quadril

Para a ABESO (2009-2010), esta é a medida mais comumente usada para a obesidade central. O RCQ é obtido através da equação 2, com as classificações estabelecidas na tabela 3 para os indivíduos do sexo *masculino* e tabela 4 para os indivíduos do sexo *feminino*:

$$RCQ = \frac{\text{cintura}}{\text{quadril}} \quad (2)$$

Como o parâmetro RCQ é adimensional, devem-se usar valores para a *cintura* e para o *quadril* nas mesmas unidades (em metro, ou em centímetro).

Tabela 3 - Classificação do RCQ para os indivíduos do sexo *masculino*

Idade	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
20 a 29	< 0,83	0,83 a 0,88	0,89 a 0,94	> 0,94
30 a 39	< 0,84	0,84 a 0,91	0,92 a 0,96	> 0,96
40 a 49	< 0,88	0,88 a 0,95	0,96 a 1,00	> 1,00
50 a 59	< 0,90	0,90 a 0,96	0,97 a 1,02	> 1,02
60 a 69	< 0,91	0,91 a 0,98	0,99 a 1,03	> 1,03

Fonte: Associação... (2009-2010).

Tabela 4 - Classificação do RCQ para os indivíduos do sexo *feminino*

Idade	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
20 a 29	< 0,71	0,71 a 0,77	0,78 a 0,83	> 0,82
30 a 39	< 0,72	0,72 a 0,78	0,79 a 0,84	> 0,84
40 a 49	< 0,73	0,73 a 0,79	0,80 a 0,87	> 0,87
50 a 59	< 0,74	0,74 a 0,81	0,82 a 0,88	> 0,88
60 a 69	< 0,76	0,76 a 0,83	0,84 a 0,90	> 0,90

Fonte: Associação... (2009-2010).

2.3.7 Síndrome Metabólica

A SM é caracterizada por anormalidades metabólicas, incluindo intolerância à glicose, resistência à insulina, obesidade, dislipidemia e hipertensão arterial. Tem sido uma causa ao desenvolvimento de doença cardiovascular. (USHIDA et al., 2012). A SM é um transtorno complexo representado por um conjunto de fatores de risco cardiovascular usualmente relacionado à deposição central de gordura e à resistência à insulina. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2005).

A medida da circunferência abdominal reflete melhor o conteúdo de gordura visceral, se comparada a RCQ e, também, associa-se muito à gordura corporal total, (ABESO 2009-2010). A SM representa a combinação de, pelo menos, três componentes dos apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Referência para SM

Componentes	Níveis
Obesidade abdominal por meio da <i>circunferência abdominal</i>	Homens > 102 cm
	Mulheres > 88 cm
Triglicerídeos	≥ 150 mg/dl
HDL Colesterol	Homens < 40 mg/dl
	Mulheres < 50 mg/dl
Pressão Arterial	≥ 130 mmHg ou ≥ 85 mmHg
Glicemia de Jejum	≥ 110 mg/dl

Fonte: (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2005).

Segundo a ABESO (2009-2010), na população brasileira, utilizam-se, os mesmos pontos de corte propostos pela OMS, indicando também ser um bom parâmetro de predição de risco para doenças metabólicas, principalmente a hipertensão arterial.

A I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da SM recomenda medir a circunferência abdominal no ponto médio entre o rebordo costal inferior e a crista ilíaca. Toma-se a medida do quadril, no seu maior diâmetro, com a fita métrica, passando sobre os trocânteres maiores (ABESO, 2009-2010).

2.3.8 Circunferência Abdominal

A OMS estabelece como ponto para risco cardiovascular aumentado medida de circunferência abdominal igual ou superior a 94 centímetros para o sexo masculino e para o feminino 80 centímetros (OBESO 2009-2010), conforme estabelecido na tabela 6.

Tabela 6 - Referência para CA

Riscos	Masculino	Feminino
Aumentado	≥ 94	≥ 80
Aumentado		
Substancialmente	≥ 102	≥ 88

Fonte: Associação... (2009-2010).

3 SISTEMAS INTELIGENTES

São abordados, nesta sessão, os conceitos sobre os Sistemas Inteligentes (SI), e a técnica (lógica *fuzzy*) que foi utilizada para desenvolver este projeto na tese de doutorado.

3.1 SISTEMAS INTELIGENTES

Cada vez mais existe a necessidade de se desenvolver sistemas computacionais inteligentes que venham prestar auxílio às mais diversas áreas do conhecimento humano e que propiciem, aos usuários, a facilidade no uso, gerenciamento eficaz, acesso rápido às informações para que se possa tomar de decisões corretas. Na maior parte das vezes, os SIs manipulam um grande volume de dados e para que as informações obtidas sejam seguras e sua manipulação seja rápida, estes sistemas são desenvolvidos baseado em técnicas que podem ser aplicadas individualmente ou em conjunto com outras ferramentas. Os sistemas computacionais inteligentes são, na maior parte das vezes, inspirados no funcionamento do comportamento humano, sendo a lógica *fuzzy* (ZADEH, 1965), uma das principais técnicas de inteligência computacional, na qual é inspirada em processamento linguístico; os sistemas imunológicos artificiais (DASGUPTA, 1998; CASTRO; DIMMIS, 2002), que são baseados no sistema imunológico biológico, as redes neurais artificiais (HAYKIN, 2008), que se inspira no funcionamento dos neurônios biológicos; a computação evolucionária (EIBEN, SMITH, 2015), inspirada em evolução biológica; assim como também os sistemas especialistas (JACKSON, 1999), inspirados em processo de inferência, entre outros.

Estes sistemas computacionais, baseados nessas técnicas, são sistemas para apoio à decisão, reconhecimento de padrões, planejamento, modelagem, otimização, previsão, controle e automação, mineração de dados e síntese de sistemas (SIZILIO, 2012). Assim, faz-se necessária a escolha da técnica ou técnicas que melhor desempenharão a função. Na sequência, são apresentados os principais conceitos sobre a lógica *fuzzy*.

3.2 LÓGICA FUZZY

3.2.1 Teoria dos Conjuntos Fuzzy

Um conjunto *fuzzy* A , considerando-se o universo de discurso $\mathfrak{I}$, é caracterizado por uma função de pertinência $\mu_A: \mathfrak{I} \rightarrow [0,1]$. Esta função associa cada elemento x de $\mathfrak{I}$ o

valor $\mu_A(x)$, o qual indica o grau em que x pertence a A . O valor da função de pertinência $\mu_A(x)$ indica o grau de compatibilidade entre x e o conceito expresso por A (ZADEH, 1965):

$\mu_A(x) = 1$, indica que x é completamente compatível com A .

$\mu_A(x) = 0$, indica que x é completamente incompatível com A .

$0 < \mu_A(x) < 1$, indica que x é parcialmente compatível com A .

• OPERAÇÕES EM CONJUNTOS FUZZY

Similarmente às operações dos conjuntos convencionais, nos conjuntos *fuzzy* existe a necessidade de realizar as operações de interseção, união, negação, entre outras que são comumente usadas no contexto de sistemas *fuzzy*.

Considerando-se A , B , C e D conjuntos *fuzzy* definidos em $\mathfrak{S}$ (ZADEH, 1995), tem-se:

- 1) Interseção de dois conjuntos: a função de pertinência da interseção de dois conjuntos ($C = A \cap B$) é definida por, observar (3):

$$\mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in \mathfrak{S} \quad (3)$$

- 2) União de dois conjuntos: a função de pertinência da união de dois conjuntos ($D = A \cup B$) é definida por (4):

$$\mu_D(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in \mathfrak{S} \quad (4)$$

- 3) Complemento de um conjunto nebuloso: a função de pertinência do complemento de um conjunto nebuloso A , A' é dado pela equação (5):

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x), x \in \mathfrak{S} \quad (5)$$

O valor da participação de cada entrada possui uma representação gráfica designada “função de pertinência (*membership function*)”, sendo associado um peso para cada entrada processada, definindo uma superposição funcional e determinando uma resposta de saída. Após as funções serem concluídas, ponderadas e combinadas elas são denebulizadas em uma saída real. As funções (conjuntos) de pertinências *fuzzy* podem ter várias formas, tais como: trapezoidal, gaussiana e triangular. O grau de pertinência é definido como sendo a

projeção vertical do parâmetro de entrada do eixo horizontal no limite mais alto da função de pertinência, o qual tem valores definidos entre $[0,1]$, (BEZDEK, 1993).

A função de pertinência μ_A é representada exclusivamente, para todo $x \in \mathfrak{U}$ (conjunto universo), dada pela equação 6:

$$\mu_A(x) = \sup_{\alpha \in [0,1]} \{\alpha \mu_{A\alpha}(x)\} \quad (6)$$

no qual “sup” denota supremo (ou máximo quando existir) e $A_\alpha = \{x \in \mathfrak{U} \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$.

O emprego da função de pertinência traz benefícios ao controlador *fuzzy* pelo fato de que caso queira a otimização do controlador, basta modificar a inclinação, aumentando ou diminuindo a função de pertinência.

O método de *defuzzificação* proposto por Mamdani (MAMDANI, 1974) como se pode observar na equação 7 (vide o processo de *defuzzificação* ilustrado na Figura 3):

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (7)$$

sendo:

μ_i : valor associado a i-ésima função de pertinência;

δ_i : valor do conjunto que possui um valor de pertinência μ_i ;

n : número de regras *fuzzy*.

Na definição da lógica tradicional tem-se que os valores lógicos são definidos em dois estados: zero-ou-um, ou ainda sim-ou-não conhecidos por valores *crisp*, ao invés do tipo mais-ou-menos (KLIR; YUAN, 1995). Por exemplo, em um conjunto de indivíduos, pode-se dizer que “Maria é uma menina”. Por outro lado, se quisermos definir a altura da pessoa e afirmar que uma pessoa de 1,80 m ou mais, é alta, enquanto que as demais são baixas. Deve-se a partir daí fazer a classificação. Exemplo, Joana, que tem 1,69 m, como “baixa”, e Ana, que tem 1,70, e que tem apenas 1 cm a mais, como “alta”. Para evitar tal problema, é aplicado as definições da lógica *fuzzy*, que irá criar os limites de cada conjunto *fuzzy* em vez de *crisp*, (NEMOTO *et al.* 1999). Isso torna possível classificar um elemento como sendo, em certo grau, um membro de um conjunto, introduzindo valores de função de associação entre 0 e 1, (ZADEH, 1965). Sendo a teoria das lógicas *fuzzy* iniciada por Zadeh em 1965, com a introdução da primeira teoria de conjuntos nebulosos, (ZADEH, 2008). Nota-se que é possível observar que os conjuntos *fuzzy* e as funções de associações estão mais próximos do pensamento humano. Zadeh acreditava que a lógica binária não gerenciava satisfatoriamente

a inferência em problemas complexos do mundo real. A lógica *fuzzy* incorporava a imprecisão necessária para descrevê-los (VITEZ et al. 1996).

Ainda, segundo Cox (1994), a diferença da lógica booleana da lógica *fuzzy* é a capacidade de aproximação ao mundo real, não ficando somente a respostas extremas. A lógica *fuzzy* apresenta o valor do grau de aproximação da solução exata, inferindo valores necessários. A implementação com sistemas *fuzzy* torna possível que problemas antes intratáveis possam ter soluções.

3.2.2 Controlador Baseado no Conhecimento

Segundo Curatolo et al. (1996), o controlador calcula o sinal de entrada da planta a ser controlada com base na diferença entre um sinal de referência e a saída real da planta. Por exemplo, num controlador chamado PID (Proporcional, Integral, Derivativo) considera-se como o erro, a sua proporcionalidade, integral e a sua variação na computação do sinal de entrada para a "planta" de acordo com uma fórmula matemática. É também possível conceber um controlador que utilize uma base conhecida para desempenhar a função de controlador. É possível desenvolver um controlador que use uma base conhecida para executar a função de controlador. Por exemplo, controlar a velocidade do carro para que seja constante, com o seguinte conjunto de regras:

IF (a velocidade está baixa) **THEN** (acelerar rapidamente)

IF (a velocidade é baixa) **THEN** (acelerar ligeiramente)

IF (a velocidade é alta) **THEN** (desacelerar)

IF (a velocidade é muito alta) **THEN** (freie)

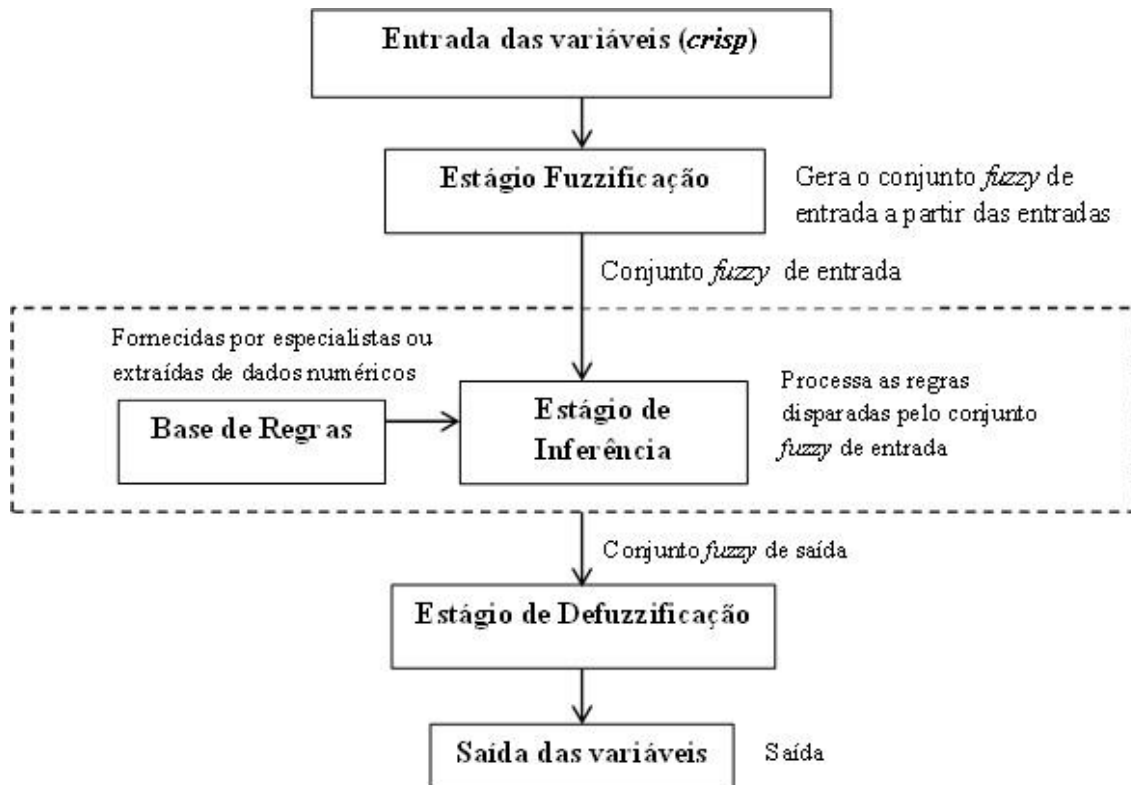
IF (a velocidade é baixa **AND** a estrada está subindo) **THEN** (acelerar rapidamente).

3.2.3 Controlador Fuzzy

Um controlador *fuzzy* é um controlador baseado em conhecimento onde as variáveis possuem valores *fuzzy* em vez de *crisp*. Consiste em: um módulo de *fuzzificação* que realiza a classificação de variáveis linguísticas, uma base de conhecimentos *fuzzy*

semelhante a uma base de conhecimento regular; um mecanismo de inferência que utiliza as regras *fuzzy* na base de conhecimento para produzir uma saída de controle *fuzzy* baseada em entradas de controle; e um módulo de *defuzzificação* que determina os valores de controle *crisp* a partir de um valor de controle *fuzzy* (CURATOLO et al., 1996), como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de estrutura básica de um sistema *fuzzy*



Fonte: (SIZILIO, 2012)

3.2.3.1 Estágio de Fuzzificação

Neste estágio, os dados de entrada são transformados em variáveis linguísticas, e determinada as funções de pertinência (*membership functions*). O dispositivo *fuzzificação* executará o mapeamento dos dados precisos para o conjunto *fuzzy* (SIZILIO, 2012).

É, também, nesta fase que a ação do especialista, no processo a ser analisado, é de grande importância, pois a cada variável de entrada devem ser atribuídos termos linguísticos que representam os estados desta variável e a cada termo linguístico deve ser associado um conjunto *fuzzy* por uma função de pertinência (SANTOS, 2015).

3.2.3.2 Base de Regras

A base de conhecimento é formada pela base de regras e pela base de dados. A base de regras contém um conjunto de regras *fuzzy*, composta por proposições da forma:

SE “estado”, ENTÃO “resposta”, em que “estado” e “resposta” são valores assumidos por variáveis linguísticas.

Enquanto que a base de dados é constituída pelas variáveis linguísticas, de entrada e de saída, representadas por funções de pertinência aos conjuntos *fuzzy* (FERRETI 2012).

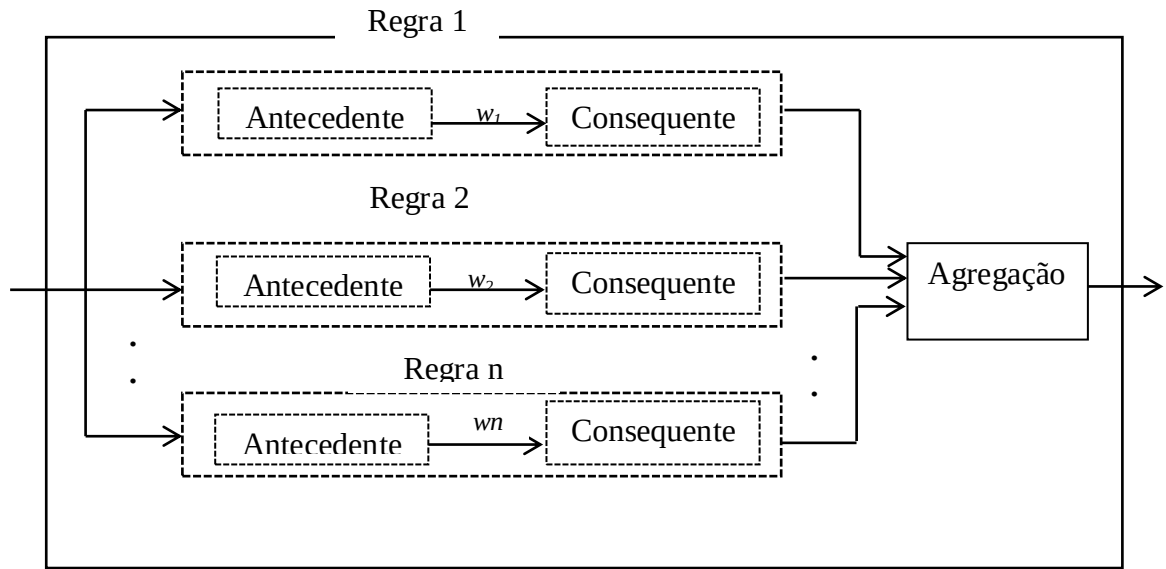
Também, é montada nesta fase, por meio do conhecimento do especialista que, no caso do NASF, foi necessário o acompanhamento de uma fisioterapeuta e de um profissional da educação física, buscando verificar e determinar qual ação deve ser tomada para determinada entrada, sendo cada entrada mapeada (variável linguística) em uma saída (outra variável linguística). É pela base de regras que se armazenam as variáveis e suas classificações. Como por exemplo: **SE** <antecedente> **ENTÃO** <consequente>.

A quantidade de regras definidas é importante, pois ela irá definir as combinações de entradas/saídas para a solução do problema.

3.2.3.3 Estágio de Inferência

Neste estágio as proposições *fuzzy* são convertidas, matematicamente, por meio dos procedimentos da teoria de conjuntos *fuzzy*. O método de inferência depende da concepção de regra *fuzzy* e da definição dos operadores de união e intersecção, que são os conectivos lógicos usados para estabelecer a relação *fuzzy* que modela a base de regras, conforme apresentado na Figura 3. Na literatura existem dois modelos de controlador: o proposto por Mamdani (1974) e o de Takagi (1985).

Figura 3 – Diagrama do estágio de inferência

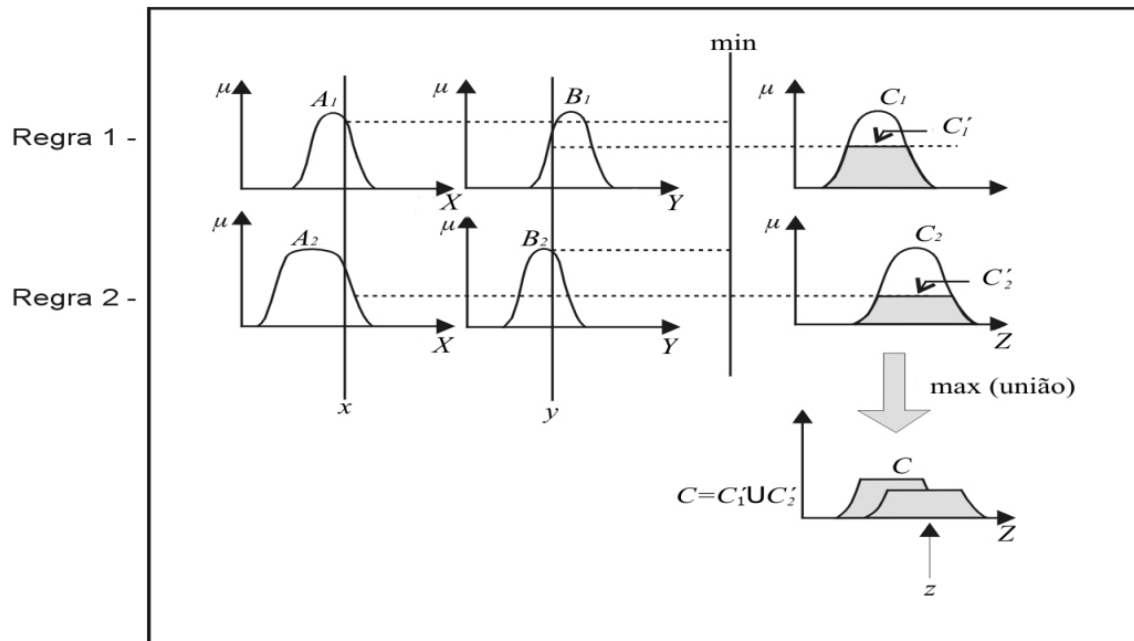


Fonte: Adaptado de Santos (2015) apud Mozelli (2008).

No projeto é utilizado o modelo de Mamdani (1974), definido pela regra SE-ENTÃO, o qual usa o produto cartesiano *fuzzy* dos conjuntos *fuzzy* que compõem o antecedente (premissa) e o consequente da regra, aplicando os operadores lógicos *AND* e *OR*. Sendo o operador lógico *AND* modelado pelo operador mínimo, e o operador lógico *OR*, pelo máximo.

No exemplo da Figura 4, é apresentado uma saída real de um sistema de inferência do tipo Mamdani, gerada a partir das entradas x e y reais e as regras de composição max-min. Por meio da *defuzzificação* do conjunto *fuzzy* de saída $C = C_1' \cup C_2'$ é obtida a saída $Z \subset \mathbb{R}$. Esse conjunto de saída representa todas as ações recomendáveis para o conjunto de entrada considerado, cada qual com seu nível de pertinência.

Figura 4 – Diagrama de inferência



Fonte: Adaptado de Santos (2015) apud Lopes, Jafelice e Barros (2005).

3.2.3.4 Estágio de Defuzzificação

O processador de saída, ou módulo de *defuzzificação* é um processo de conversão, que permite representar um conjunto *fuzzy* por um número real (MIYAHIRA, 2011). É responsável por traduzir e/ou transformar a saída *fuzzy* em valor *crisp*, valores estes que podem ser usados com contextos não *fuzzy*.

Os métodos mais utilizados e com bons resultados são descritos a seguir, Passino e Yurkovich (1998) e Klir e Yuan (1995):

Centro de área: Também conhecida como centroide. Calcula-se o centro da área do Conjunto de Saída (CS) gerado no estágio de inferência e determina-se a sua projeção sobre o eixo x , que é o valor de saída de controle recomendada. Uma desvantagem deste método é a necessidade do cálculo da área do conjunto de saída, pois isso é uma tarefa computacional relativamente pesada e nem todo *hardware* é capaz de realizá-la, deve ser suprimido o efeito das interseções entre as várias “áreas” que são formadas para o traçado final da área completa. Também devem ser suprimidos os efeitos procedentes das regras redundantes;

Crítérios dos máximos: procura-se o valor máximo do CS. Sua posição projetada sobre o eixo x correspondendo a saída do estágio de *defuzzificação*;

Média dos máximos: realiza-se a média aritmética de todos os valores máximos do CS utilizando-a em substituição ao critério dos máximos quando há mais de um máximo na função.

Existem outros métodos que podem ser utilizados no estágio de *defuzzificação*, como descrito por Jantzen (1998), Passino e Yurkovich (1998):

Centro de área para *singletons*: visa diminuir a complexidade do cálculo de área do método centro de área. Cada regra de saída possui não uma função de pertinência, mas uma função *singleton*. Desta forma, o cálculo do centro irá restringir-se a uma soma ponderada pelos próprios graus de compatibilidade de cada regra;

Bissetor de área: o valor de saída do estágio de *defuzzificação* é a posição exata que divide o CS em duas áreas iguais;

Primeiro e Último dos máximos: é escolhido o primeiro (ou o último) valor máximo encontrado na varredura do CS feita da esquerda para a direita ou vice-versa.

Ressalta-se que o método de *defuzzificação* de Mamdani foi o primeiro a ser usado para a resolução de problemas práticos, em 1974. Modelo este, que tem sido muito usado na literatura, principalmente em problemas que envolvem os sistemas de controle automáticos. Posteriormente, foi proposto por Takagi e Sugeno (TAKAGI; SUGENO, 1985) um procedimento alternativo ao modelo de Mamdani conhecido como modelo T-S. Mais tarde Sugeno, juntamente com Kang (SUGENO; KANG, 1986), propôs melhorias no modelo T-S ficando conhecido como modelo K-T-S. Nitidamente, na atualidade, os modelos T-S e K-T-S têm sido amplamente usados principalmente em problemas complexos desde que se tenha à disposição de um modelo da planta, ou ainda, que seja possível identificá-lo.

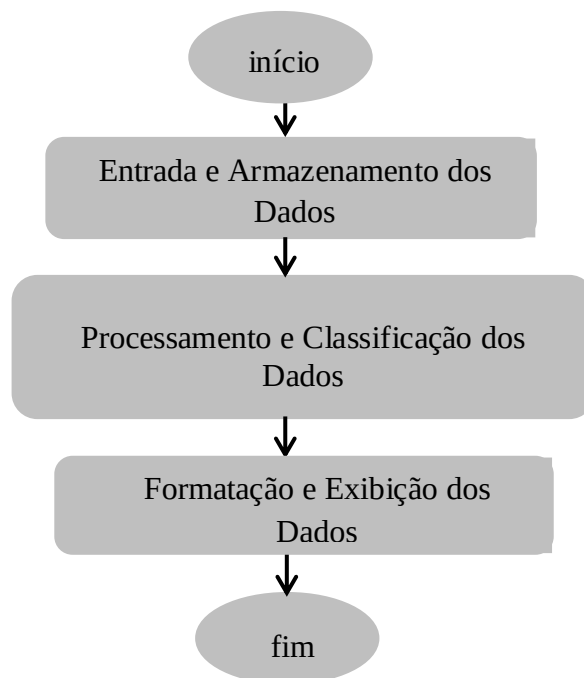
4 SISTEMA INTELIGENTE PARA O CADASTRO, PROCESSAMENTO, E A CLASSIFICAÇÃO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA

Nesta seção, descreve-se o SI para o Cadastro, Processamento e a Classificação da Obesidade e da SM, denominado, (SICPC-OBESIDADE/SM), objetivo de estudo desta tese de doutorado. Os trabalhos foram divididos em:

- **Contextualização e Modelagem da Base de Dados:** apresentam-se as considerações iniciais e é projetada a base de dados;
- **Processamento e Classificação dos Dados:** apresenta-se a forma como foram realizados os testes de cada parâmetro e suas classificações mediante dados fornecidos pelos especialistas;
- **Formatação e Exibição dos Dados:** são apresentados os resultados das classificações aos usuários, sendo este via Web ou via Sistema de Dados.

Desta maneira, o funcionamento do SICPC-OBESIDADE/SM ficou dividido em três fases: entrada dos dados e o armazenamento, processamento e classificação, e a formatação/exibição dos dados, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma das fases de desenvolvimento do sistema



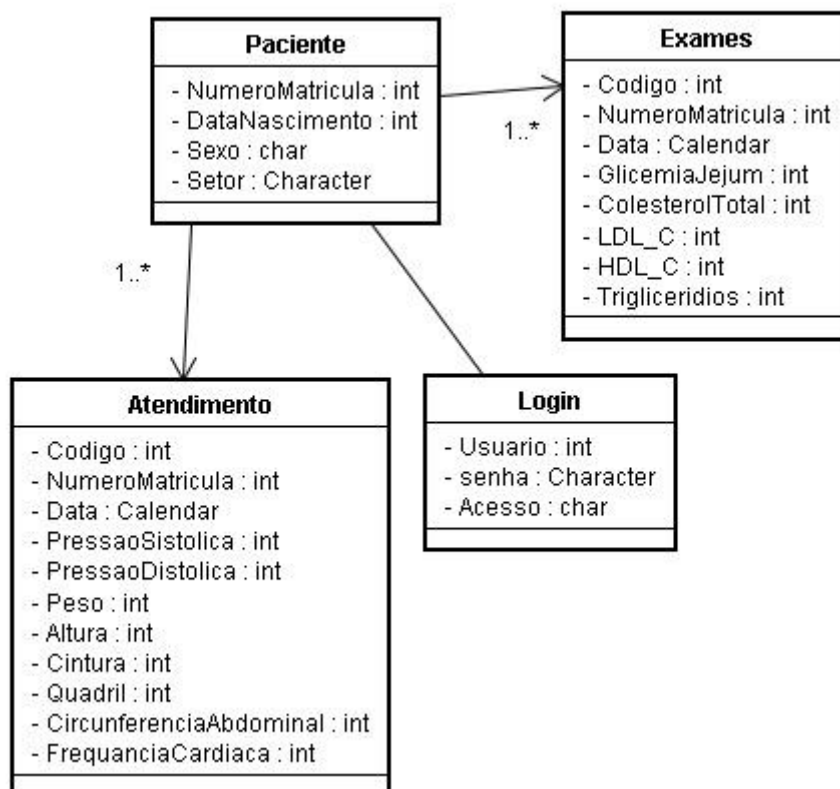
Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MODELAGEM DA BASE DE DADOS

Considerando a necessidade de se ter um *software* que auxilie os profissionais do programa NASF (extensivo a outros núcleos similares), bem como os benefícios apresentados pelos sistemas, este *software* foi projetado com características inteligentes para que os especialistas possam gerenciar melhor as informações de cada paciente, assegurando maior eficiência no seu trabalho.

Dada a importância no acompanhamento e cuidados realizados aos pacientes do programa foi projetado e desenvolvido um *software* de servidor e um aplicativo para celular que auxiliem os profissionais da área da saúde e para que os pacientes pudessem consultar, via *smartphone*, sua situação acerca dos dados relativos à sua saúde. As pessoas que buscaram o atendimento e o tratamento junto ao programa do NASF, sendo este ligado à Secretaria de Saúde da cidade de Adamantina- SP, foram separados por setores e, para cada indivíduo, foi realizado um cadastro dos dados pessoais, exames de sangue realizados e de cada atendimento feito semanalmente com atividades físicas. O programa atende homens e mulheres independentemente da idade. Para isso, foi utilizado um banco de dados que armazenou os dados coletados, sendo assim, ficou modelada a base de dados, que é possível averiguá-la na Figura 6. Para desenvolver essa modelagem da base de dados foi utilizado o *software JUDE Community* versão 5 que é um *software* de Linguagem de Modelagem Unificada (UML) e gratuito.

Figura 6 – Base de Dados do programa NASF



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

Depois de projetada e modelada a base de dados, esta pode ser criada e configurada utilizando do banco de dados *MySQL* 6.3. Após criação foi possível iniciar o desenvolvimento do sistema para servidor utilizando a linguagem de programação *C-sharp* (C#) e para o Aplicativo Móvel foi criado um ambiente de trabalho, ao qual foi necessário instalar o *Node Package Manager* (NPM). Para instalar o Cordova 6.4, *software* livre e *open source*, deve-se utilizar o parâmetro `npm install -g cordova`, acessar em <http://www.oracle.com> e instalar o *kit Java Development Kit* 1.8 (JDK), instalar o *Software Development Kit* 5.1.1(*Android SDK*). Para ligar o banco de dados ao aplicativo foi instalado o *XAMPP Control Panel* v3.2.2 e para desenvolver o código foi utilizado o *Notepad++*.

Na base de dados foram inseridos todos os dados do cadastro dos 376 pacientes do programa NASF, e mediante pré-análise realizada juntamente com os especialistas (fisioterapeuta e profissional de educação física), foi realizada a seleção dos dados com as seguintes informações: número do cadastro no Posto de Saúde, a data de nascimento, sexo, setor, peso, altura, cintura, quadril, circunferência abdominal. Todo paciente deve, para iniciar o acompanhamento da saúde, fazer o primeiro exame de sangue onde são coletados: a data do

exame, glicemia jejum (destro), CT, LDL-C, HDL-C, TG. A cada atendimento feito ao paciente (com ocorrência semanal) são coletados: data do atendimento, FC repouso, a PAS e PAD.

4.2 PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS: desenvolvimento e implementação da base de regras e do sistema *Fuzzy*

Para desenvolver o *software* e o aplicativo web foram utilizados recursos da inteligência computacional, ao qual foi possível processar e classificar os dados de entrada e gerar informações como: IMC, RCQ, PA, NG, PERFIL LIPÍDICO (CT, LDL, HDL, TG), SM, FC. Estes foram desenvolvidos gerando um sistema especialista baseado em regras *fuzzy*. O módulo *fuzzy* classificou as informações que apresentavam nebulosidade, ou seja, de certo grau de incerteza ou ainda dados que apresentam certa imprecisão, como na relação para SM e da RCQ para o risco obesidade, sendo estas informações estabelecidas por diretrizes brasileiras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA, 2009-2010; SIMÃO et al., 2014; XAVIER et al., 2013).

Para definição do sistema *fuzzy* SICPC-OBESIDADE/SM procurou seguir as etapas (Estágio de *Fuzzificação*, Estágio de Inferência, Estágio de *Defuzzificação* e Base de Regras), que são instanciadas e referenciadas no APÊNDICE A e B, e apresentadas a seguir.

4.2.1 *Estágio de Fuzzificação*: – Definição do conjunto nebuloso e das funções de pertinência.

São fornecidas as variáveis de entrada, identificando o conjunto *fuzzy* a elas pertencentes, com seus respectivos graus de pertinência, sendo estas ajustadas sobre o universo de discurso. Suas entradas ao sistema *fuzzy* são: FC de repouso, IMC, RCQ, PAS, PAD, CT, LDL-C, HDL-C, TG, NG, SM, IDADE, SEXO que foram definidos pela função de pertinência.

4.2.1.1 Função de Pertinência da FC de Repouso (FCR).

Considerando o domínio de [40-150] representando a função de pertinência de FCR correspondentes aos termos linguísticos como, “normal” (N), “taquicardia” (T) e “braquicardia” (B), observar Figura 7.

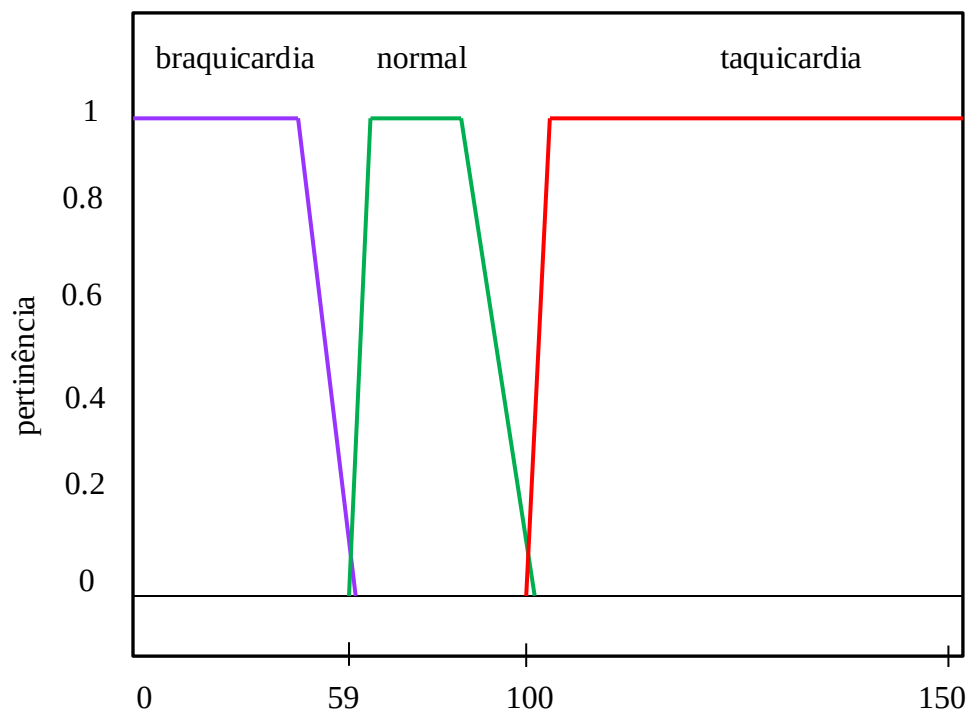
Conjunto nebuloso da FCR:

FCR braquicardia (B_{FCR}) $< 60 \rightarrow B_{FCR} = \{(0,1), (40,1), (59,0)\}$;

FCR normal (N_{FCR}) ≥ 60 e $\leq 100 \rightarrow N_{FCR} = \{(60,0), (70,1), (80,1), (100,0)\}$;

FCR taquicardia (T_{FCR}) $> 100 \rightarrow T_{FCR} = \{(101,0), (110,1), (150,1)\}$

Figura 7 - Função de Pertinência da FC Repouso



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.2 Função de Pertinência da PAS.

Considerando o domínio de [40-200] representando a função de pertinência de PAS correspondentes aos termos linguísticos “baixa” (B), ”normal” (N), “limítrofe” (L), ”Alta Leve” (AL), ”Alta Moderada” (AM) e ”Alta Grave” (AG), observar Figura 8.

Conjunto nebuloso da PAS:

PAS baixa (B_{PAS}) $< 120 \rightarrow B_{PAS} = \{(0,1), (60,1), (119,0)\}$;

PAS normal (N_{PAS}) ≥ 120 e $< 130 \rightarrow N_{PAS} = \{(120,0), (125,1), (127,1), (129,0)\}$;

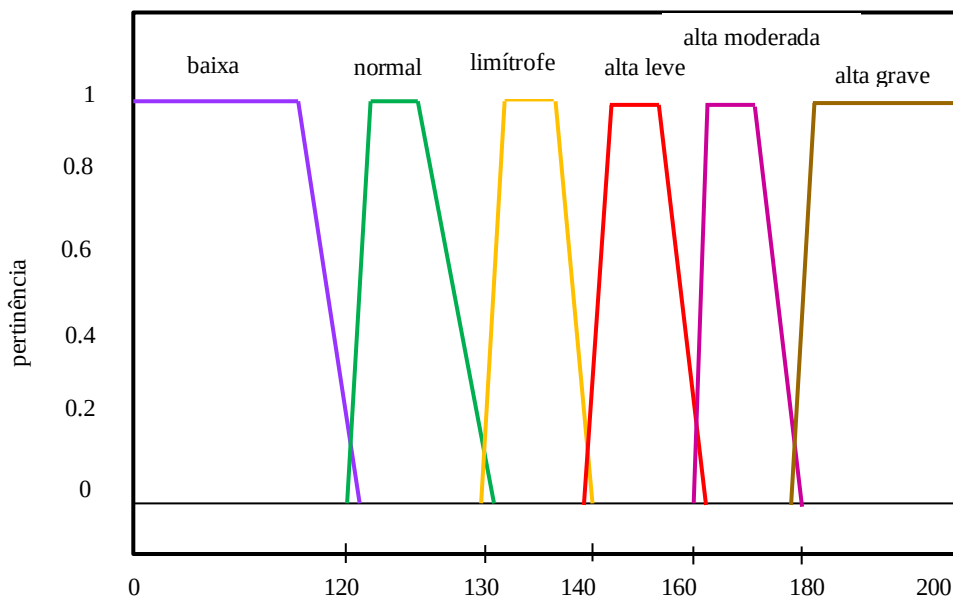
PAS limítrofe (L_{PAS}) ≥ 130 e $\leq 139 \rightarrow L_{PAS} = \{(130,0), (135,1), (137,1), (139,0)\}$;

PAS alta leve (AL_{PAS}) ≥ 140 e $\leq 159 \rightarrow AL_{PAS} = \{(140,0), (145,1), (150,1), (159,0)\}$;

PAS alta moderada (AM_{PAS}) ≥ 160 e $\leq 179 \rightarrow AM_{PAS} = \{(160,0), (165,1), (170,1), (179,0)\}$;

PAS alta grave (AG_{PAS}) $\geq 180 \rightarrow AG_{PAS} = \{(180,0), (190,1), (200,1)\}$;

Figura 8 - Função de Pertinência da PAS



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.3 Função de Pertinência da PAD.

Considerando o domínio de [40-200] representando a função de pertinência de PAD correspondentes aos termos linguísticos “baixa” (B), “normal” (N), “limítrofe” (L), “Alta Leve” (AL), “Alta Moderada” (AM) e “Alta Grave” (AG), observar Figura 9.

Conjunto nebuloso da PAD:

PAD baixa (B_{PAD}) $< 80 \rightarrow B_{PAD} = \{(0,1), (40,1), (79,0)\}$;

PAD normal (N_{PAD}) ≥ 80 e $< 85 \rightarrow N_{PAD} = \{(80,0), (81,1), (83,1), (84,0)\}$;

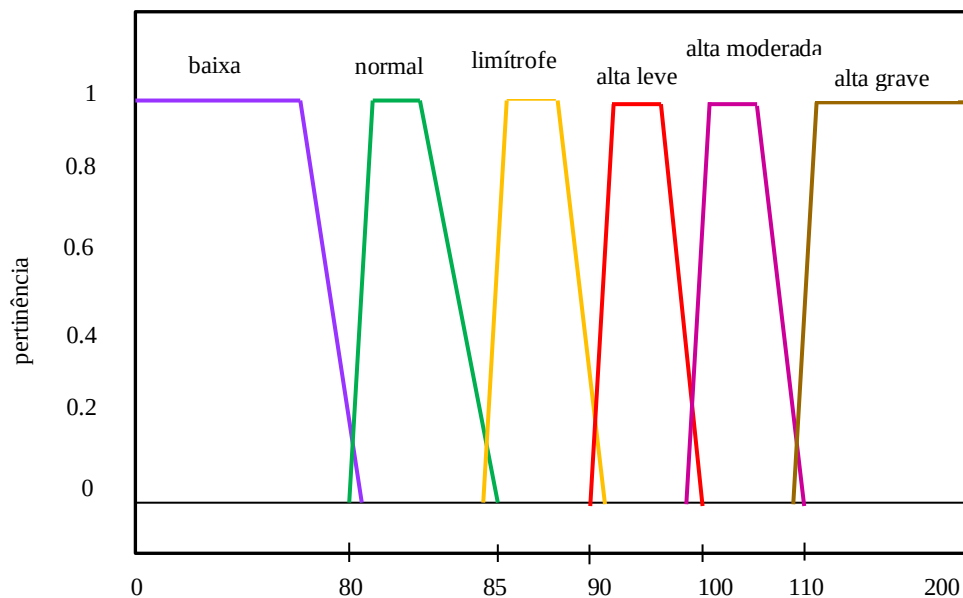
PAD limítrofe (L_{PAD}) ≥ 85 e $\leq 89 \rightarrow L_{PAD} = \{(85,0), (86,1), (88,1), (89,0)\}$;

PAD alta leve (AL_{PAD}) ≥ 90 e $\leq 99 \rightarrow AL_{PAD} = \{(90,0), (93,1), (97,1), (99,0)\}$;

PAD alta moderada (AM_{PAD}) ≥ 100 e $\leq 109 \rightarrow AM_{PAD} = \{(100,0), (103,1), (107,1), (109,0)\}$;

PAD alta grave (AG_{PAD}) $\geq 110 \rightarrow AG_{PAD} = \{(110,0), (150,1), (200,1)\}$;

Figura 9 - Função de Pertinência da PAD



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.4 Função de Pertinência do CT.

Considerando o domínio de [100-300] representando a função de pertinência de CT correspondentes aos termos linguísticos “desejável” (D), “limítrofe” (L) e “alto” (A), observar Figura 10.

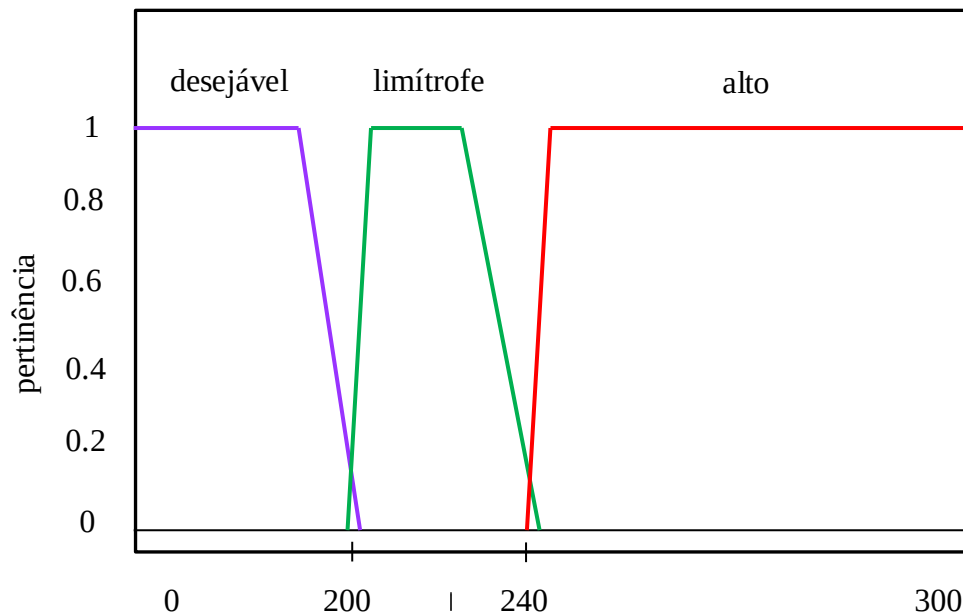
Conjunto nebuloso da CT:

CT desejável (D_{CT}) $< 200 \rightarrow D_{CT} = \{(0,1), (100,1), (199,0)\}$;

CT limítrofe (L_{CT}) ≥ 200 e $< 239 \rightarrow L_{CT} = \{(200,0), (215,1), (230,1), (239,0)\}$;

CT alto (A_{CT}) $\geq 240 \rightarrow A_{CT} = \{(240,0), (270,1), (300,1)\}$;

Figura 10 - Função de Pertinência da CT



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.5 Função de Pertinência do LDL-C.

Considerando o domínio de [50-300] representando a função de pertinência de LDL-C correspondentes aos termos linguísticos “ótimo” (O), “desejável” (D), “limítrofe” (L), “alto” (A) e “muito alto” (MA), observar Figura 11.

Conjunto nebuloso da LDL:

LDL ótimo (O_{LDL}) $< 100 \rightarrow O_{LDL} = \{(0,1), (50,1), (99,0)\}$;

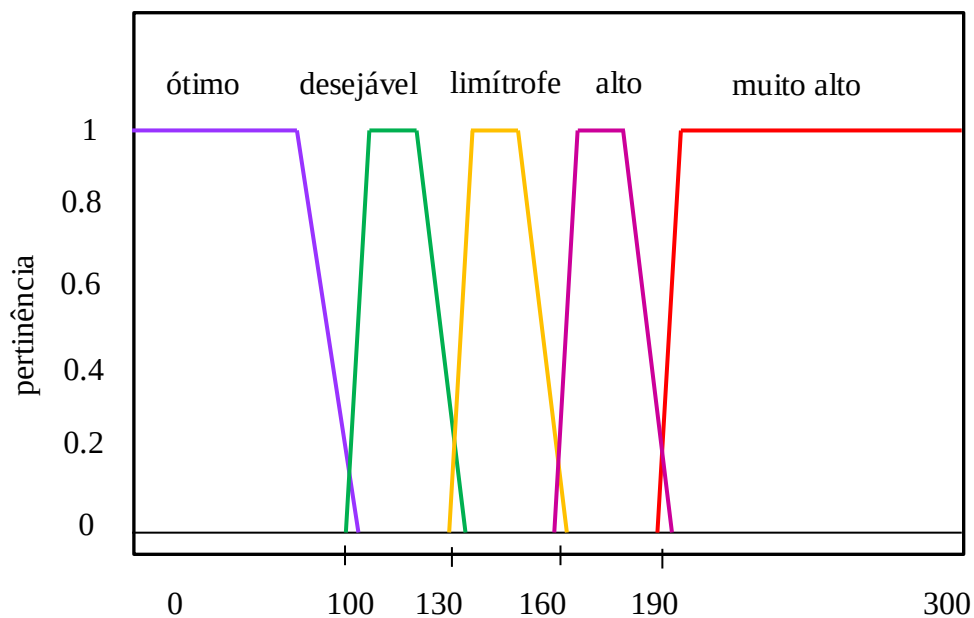
LDL desejável (D_{LDL}) ≥ 100 e $\leq 129 \rightarrow D_{LDL} = \{(100,0), (125,1), (127,1), (129,0)\}$;

LDL limítrofe (L_{LDL}) ≥ 130 e $\leq 159 \rightarrow L_{LDL} = \{(130,0), (135,1), (147,1), (159,0)\}$;

LDL alto (A_{LDL}) ≥ 160 e $\leq 189 \rightarrow A_{LDL} = \{(160,0), (165,1), (177,1), (189,0)\}$;

LDL muito alto (MA_{LDL}) $\geq 190 \rightarrow MA_{LDL} = \{(190,0), (200,1), (300,0)\}$;

Figura 11 - Função de Pertinência da LDL-C



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.6 Função de Pertinência do HDL-C.

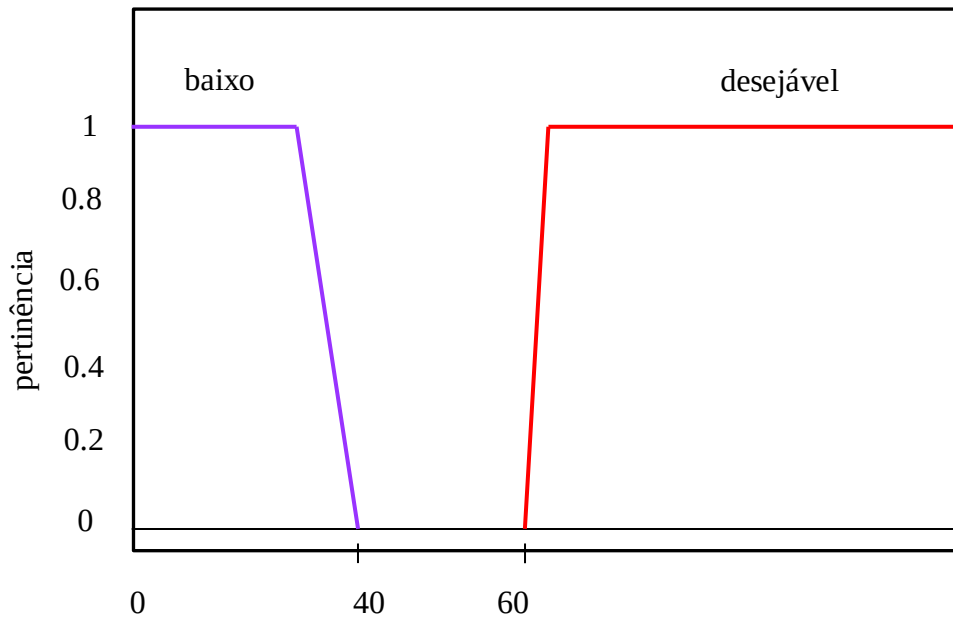
Considerando o domínio de [20-80] representando a função de pertinência de HDL-C correspondentes aos termos linguísticos “desejável” (D) e “baixo” (B), observar Figura 12.

Conjunto nebuloso da HDL:

HDL desejável (D_{HDL}) $> 60 \rightarrow D_{HDL} = \{(61,0), (65,1), (80,1)\}$;

HDL baixo (B_{HDL}) $< 40 \rightarrow B_{HDL} = \{(0,1), (20,1), (39,0)\}$;

Figura 12 - Função de Pertinência da HDL



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.7 Função de Pertinência do TG.

Considerando o domínio definido em [100-800], sendo representada a função de pertinência de TG pelos termos linguísticos “desejável” (D), “limítrofe” (L), “alto” (A) e “muito alto” (MA), observar Figura 13.

Conjunto nebuloso da TG:

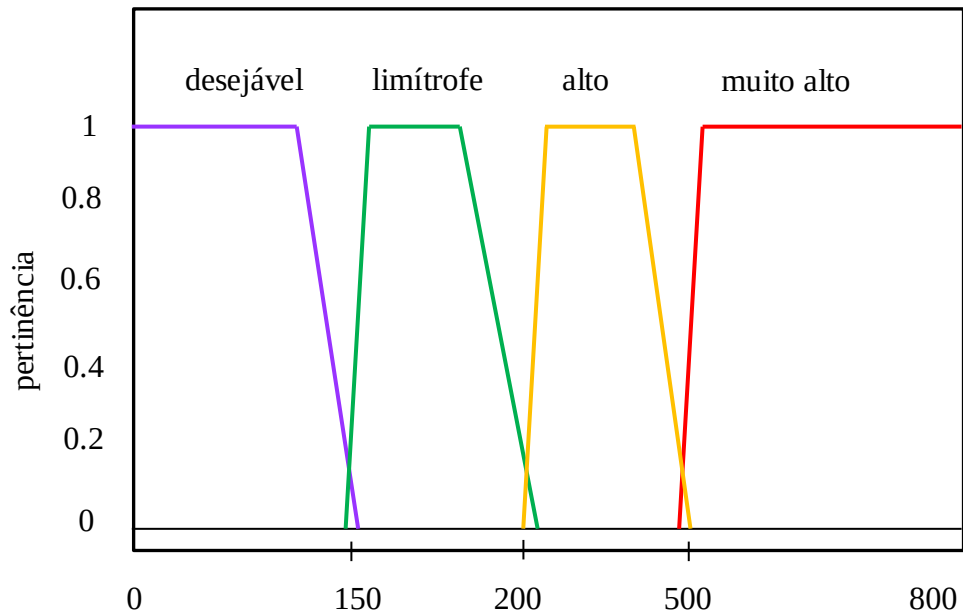
TG desejável (D_{TG}) $< 150 \rightarrow D_{TG} = \{(0,1), (70,1), (149,0)\}$;

TG limítrofe (L_{TG}) ≥ 150 e $< 200 \rightarrow L_{TG} = \{(150,0), (165,1), (187,1), (199,0)\}$;

TG alto (A_{TG}) ≥ 200 e $\leq 499 \rightarrow A_{TG} = \{(200,0), (265,1), (377,1), (499,0)\}$;

TG muito alto (MA_{TG}) $\geq 500 \rightarrow MA_{TG} = \{(500,0), (650,1), (800,0)\}$;

Figura 13 - Função de Pertinência da TG



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.8 Função de Pertinência dos NG.

Considerando o domínio de [60-300] representando a função de pertinência de NG correspondentes aos termos linguísticos “normal” (N), “intolerância de jejum” (I), “tolerância diminuída à glicose” (T) e “diabetes” (D), observar Figura 14.

Conjunto nebuloso da NG:

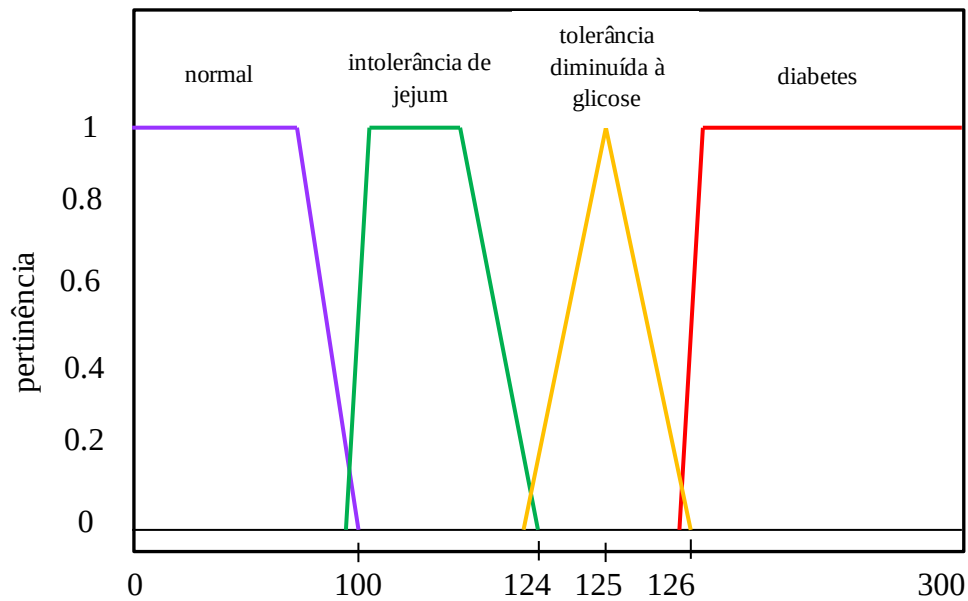
NG normal (N_{NG}) $\leq 100 \rightarrow N_{NG} = \{(0,1), (70,1), (100,0)\}$;

NG intolerância de jejum (I_{NG}) ≥ 101 e $< 125 \rightarrow I_{NG} = \{(101,0), (115,1), (120,1), (124,0)\}$;

NG tolerância diminuída à glicose (T_{NG}) ≥ 125 e $< 126 \rightarrow T_{NG} = \{(125,1), (125,1),\}$;

NG diabetes (D_{NG}) $\geq 126 \rightarrow D_{NG} = \{(126,0), (150,1), (300,1)\}$;

Figura 14 - Função de Pertinência da NG



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.9 Função de Pertinência do IMC.

Considerando o domínio de [14-60] representando a função de pertinência de IMC correspondentes aos termos linguísticos “baixo peso” (B), “peso normal” (N), “pré-obeso” (P), “obeso I” (OI), “obeso II” (OII) e “obeso III” (OIII), observar Figura 15.

Conjunto nebuloso da IMC:

IMC baixo (B_{IMC}) $< 18.5 \rightarrow B_{IMC} = \{(0,1), (9,1), (18.4,0)\}$;

IMC normal (N_{IMC}) ≥ 18.5 e $\leq 24.9 \rightarrow N_{IMC} = \{(18.5,0), (20,1), (22,1), (24.9,0)\}$;

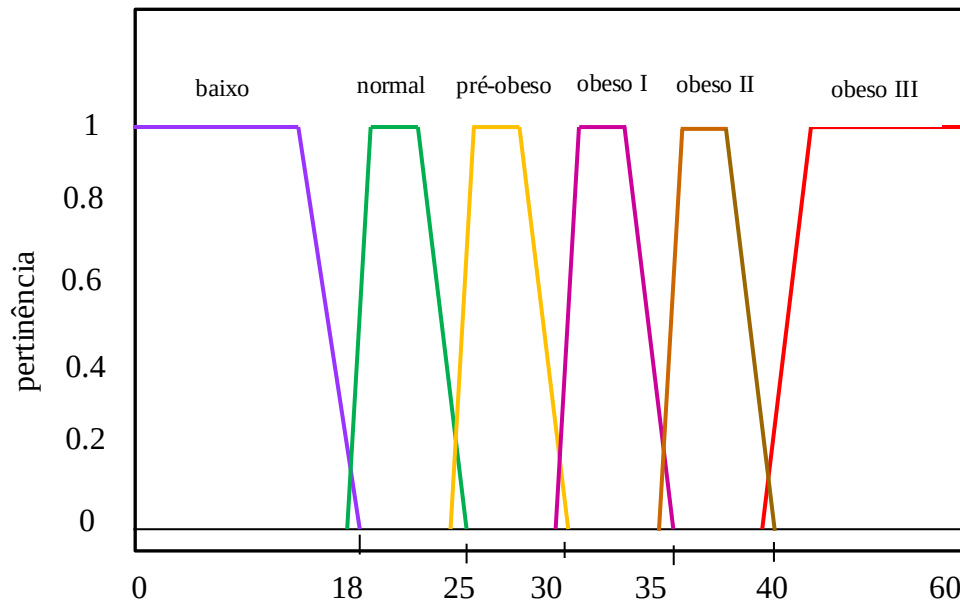
IMC pré-obeso (P_{IMC}) ≥ 25 e $\leq 29.9 \rightarrow P_{IMC} = \{(25,0), (23,1), (27,1), (29.9,0)\}$;

MC obeso I (OI_{IMC}) ≥ 30 e $\leq 34.9 \rightarrow OI_{IMC} = \{(30,0), (32,1), (33,1), (34.9,0)\}$;

IMC obeso II (OII_{IMC}) ≥ 35 e $\leq 39.9 \rightarrow OII_{IMC} = \{(35,0), (37,1), (38,1), (39.9,0)\}$;

IMC obeso III ($OIII_{IMC}$) $\geq 40 \rightarrow OIII_{IMC} = \{(40,0), (50,1), (60,1)\}$;

Figura 15 - Função de Pertinência da IMC



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.10 Função de Pertinência da Idade (I)

Considerando o domínio de [0-110] representando a função de pertinência de I correspondentes aos termos linguísticos “jovem” (J), “adulto jovem” (AJ), “adulto” (A), “adulto maduro” (AM) e “idoso” (I), observar Figura 16.

Conjunto nebuloso da I:

I jovem (J_I) $\leq 29 \rightarrow J_I = \{(0,1), (25,1), (29,0)\}$;

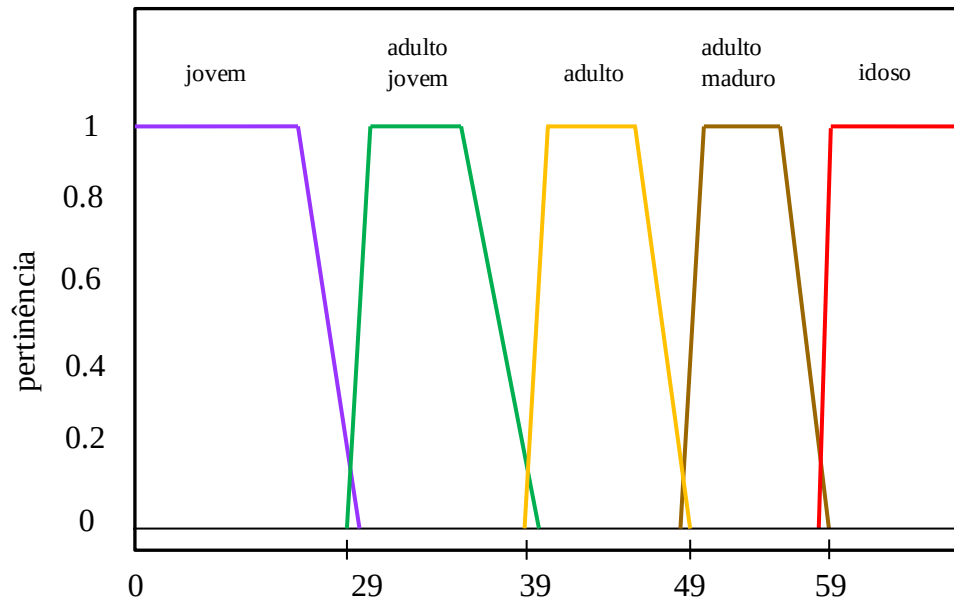
I adulto jovem (AJ_I) ≥ 30 e $\leq 39 \rightarrow AJ_I = \{(30,0), (33,1), (36,1), (39,0)\}$;

I adulto (A_I) ≥ 40 e $\leq 49 \rightarrow A_I = \{(40,0), (43,1), (46,1), (49,0)\}$;

I adulto maduro (AM_I) ≥ 50 e $\leq 59 \rightarrow AM_I = \{(50,0), (53,1), (56,1), (59,0)\}$;

I idoso (I_I) $\geq 60 \rightarrow I_I = \{(60,0), (63,1), (66,1), (110,0)\}$;

Figura 16 - Função de Pertinência da Idade



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.11 Função de Pertinência para sexo (SEXO)

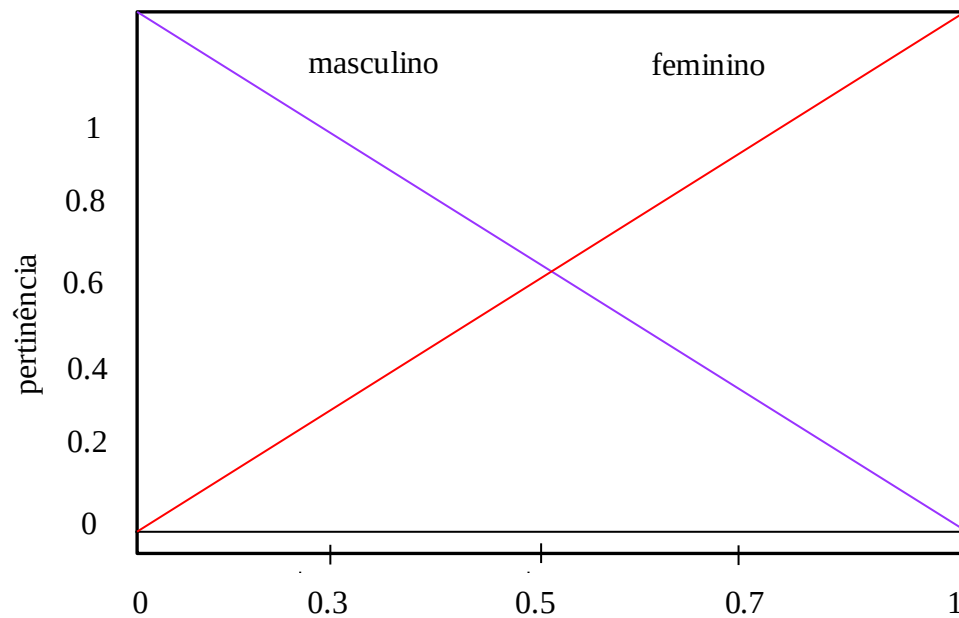
Considerando o domínio (feminino – masculino) representando a função de pertinência de SEXO correspondentes aos termos linguísticos “feminino” (F) e “masculino” (M) verificar Figura 17.

Conjunto nebuloso do SEXO:

SEXO feminino (F_{SEXO}) $\rightarrow F_{SEXO} = \{(0,1), (0.5,1), (1,1)\};$

SEXO masculino (M_{SEXO}) $\rightarrow M_{SEXO} = \{(1,1), (0.5,1), (0,1)\};$

Figura 17 - Função de Pertinência do SEXO



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

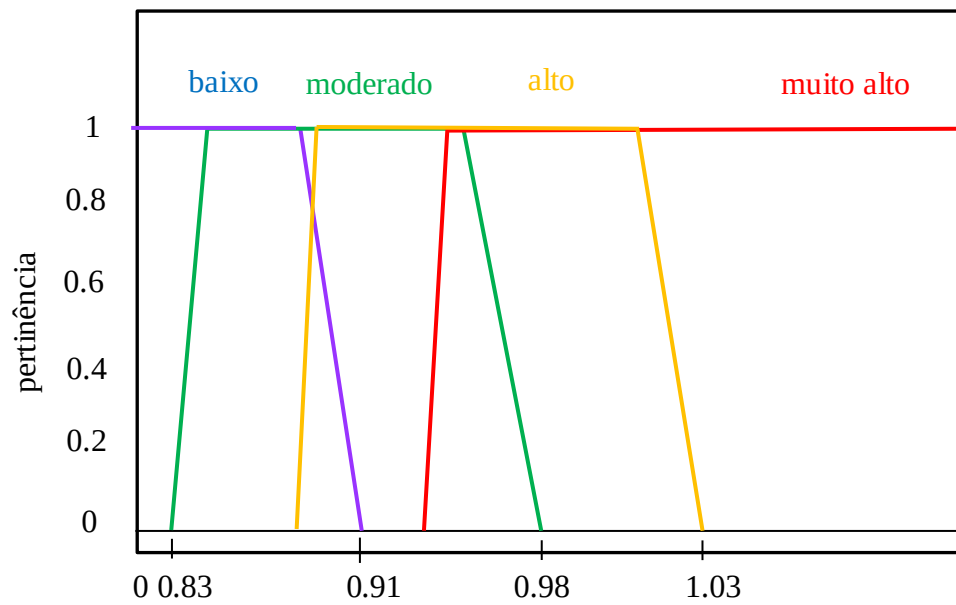
4.2.1.12 Função de Pertinência da RCQ

Considerando o domínio de $[0.5-1.5]$ representando a função de pertinência de RCQ correspondentes aos termos linguísticos “baixo” (B), “moderado” (M), “alto” (A) e “muito alto” (MA), observar Figuras 18 e 19.

Conjunto nebuloso da RCQ para **Masculino**:

$RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.83$ e $l_{jovem}(J_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.82, 0), (0.80, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.84$ e $l_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.83, 0), (0.80, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.88$ e $l_{adulto}(A_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.87, 0), (0.80, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.90$ e $l_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.89, 0), (0.80, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.91$ e $l_{idoso}(I_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.90, 0), (0.80, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.83$ e ≤ 0.88 e $l_{jovem}(J_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.83, 0), (0.85, 1), (0.87, 1), (0.88, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.84$ e ≤ 0.91 e $l_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.84, 0), (0.87, 1), (0.88, 1), (0.91, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.88$ e ≤ 0.95 e $l_{adulto}(A_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.88, 0), (0.90, 1), (0.93, 1), (0.95, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.90$ e ≤ 0.96 e $l_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.90, 0), (0.92, 1), (0.94, 1), (0.96, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.91$ e ≤ 0.98 e $l_{idoso}(I_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.91, 0), (0.93, 1), (0.96, 1), (0.98, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.89$ e ≤ 0.94 e $l_{jovem}(J_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.89, 0), (0.90, 1), (0.92, 1), (0.94, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.92$ e ≤ 0.96 e $l_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.92, 0), (0.93, 1), (0.95, 1), (0.96, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.96$ e ≤ 1.00 e $l_{adulto}(A_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.96, 0), (0.97, 1), (0.98, 1), (1.00, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.97$ e ≤ 1.02 e $l_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.97, 0), (0.98, 1), (0.99, 1), (1.02, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.99$ e ≤ 1.03 e $l_{idoso}(I_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.99, 0), (1.00, 1), (1.02, 1), (1.03, 0)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.94$ e $l_{jovem}(J_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.94, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.96$ e $l_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.96, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 1.00$ e $l_{adulto}(A_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(1.00, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 1.02$ e $l_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(1.02, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 1.03$ e $l_{idoso}(I_i)$ e $SEXO_{masculino}(M_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(1.03, 0), (1.04, 1), (1.5, 1)\};$

Figura 18 - Função de Pertinência da RCQ - Masculino

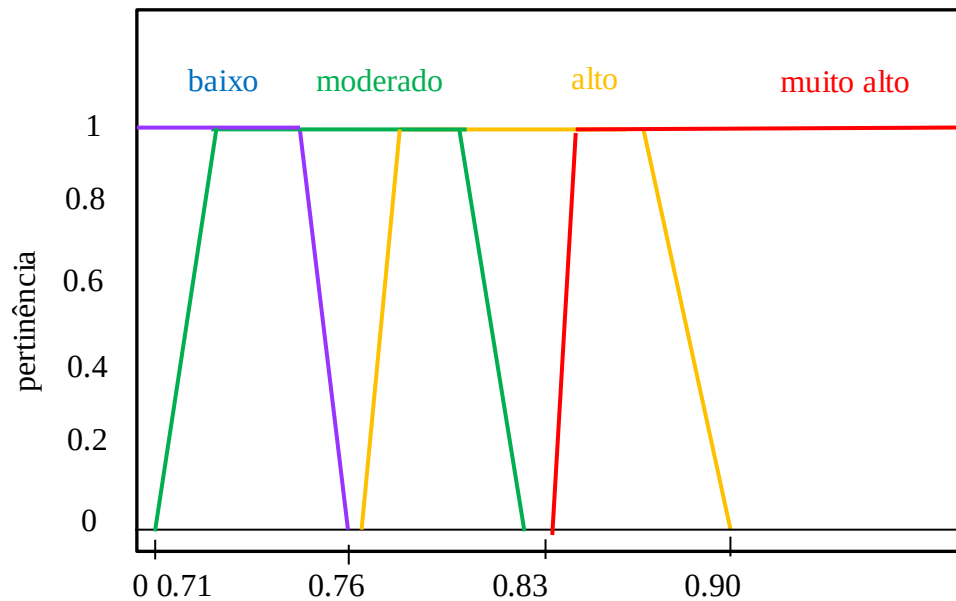


Fonte: Elaborada pela própria Autora.

Conjunto nebuloso da RCQ para **Feminino**:

$RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.71$ e $I_{jovem}(J_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.70, 0), (0.60, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.72$ e $I_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.71, 0), (0.60, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.73$ e $I_{adulto}(A_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.72, 0), (0.60, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.74$ e $I_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.73, 0), (0.60, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{baixo}(B_{RCQ}) < 0.76$ e $I_{idoso}(I_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow B_{RCQ} = \{(0.75, 0), (0.60, 1), (0.50, 1)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.71$ e ≤ 0.77 e $I_{jovem}(J_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.71, 0), (0.72, 1), (0.75, 1), (0.77, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.72$ e ≤ 0.78 e $I_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.72, 0), (0.71, 1), (0.75, 1), (0.78, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.73$ e ≤ 0.79 e $I_{adulto}(A_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.73, 0), (0.75, 1), (0.76, 1), (0.79, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.74$ e ≤ 0.81 e $I_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.74, 0), (0.76, 1), (0.79, 1), (0.81, 0)\};$
 $RCQ_{moderado}(M_{RCQ}) \geq 0.76$ e ≤ 0.83 e $I_{idoso}(I_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{RCQ} = \{(0.76, 0), (0.78, 1), (0.80, 1), (0.83, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.76$ e ≤ 0.83 e $I_{jovem}(J_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.76, 0), (0.80, 1), (0.81, 1), (0.83, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.79$ e ≤ 0.84 e $I_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.79, 0), (0.80, 1), (0.82, 1), (0.84, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.80$ e ≤ 0.87 e $I_{adulto}(A_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.80, 0), (0.82, 1), (0.85, 1), (0.87, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.82$ e ≤ 0.88 e $I_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.82, 0), (0.84, 1), (0.86, 1), (0.88, 0)\};$
 $RCQ_{alto}(A_{RCQ}) \geq 0.84$ e ≤ 0.90 e $I_{idoso}(I_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow A_{RCQ} = \{(0.84, 0), (0.86, 1), (0.88, 1), (0.90, 0)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.82$ e $I_{jovem}(J_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.82, 0), (1.00, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.84$ e $I_{adultojovem}(A_{Ji})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.84, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.87$ e $I_{adulto}(A_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.87, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.88$ e $I_{adultomaduro}(A_{Mi})$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.88, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$
 $RCQ_{muitoalto}(M_{ARCQ}) \geq 0.90$ e $I_{idoso}(I_i)$ e $SEXOfeminino(F_{SEXO}) \rightarrow M_{ARCQ} = \{(0.90, 0), (1.03, 1), (1.5, 1)\};$

Figura 19 - Função de Pertinência da RCQ - Feminino



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

4.2.1.13 Função de Pertinência da CA

Considerando o domínio de [50-110] representando a função de pertinência de CA correspondentes aos termos linguísticos “normal” (N), “aumentado” (A) e “aumentado substancialmente” (AS), observar Figura 20.

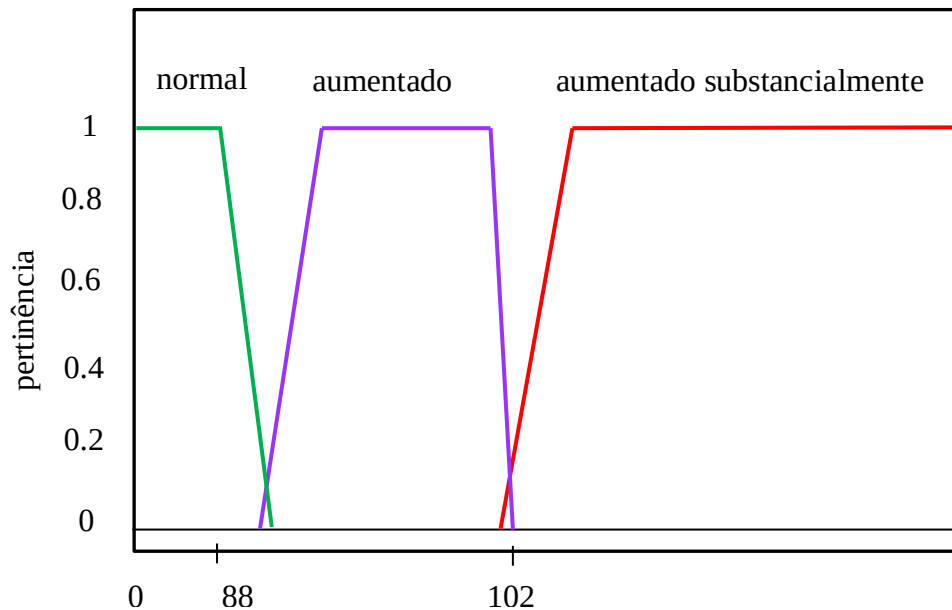
Conjunto nebuloso da CA:

CA normal (N_{CA}) $\leq 88 \rightarrow N_{CA} = \{(0,1), (65,1), (88,0)\}$;

CA aumentado (A_{CA}) > 88 e $< 102 \rightarrow A_{CA} = \{(88,0), (91,1), (98,1), (101,0)\}$;

CA aumentado substancialmente (AS_{CA}) $\geq 102 \rightarrow AS_{CA} = \{(102,0), (105,1), (110,0)\}$;

Figura 20 - Função de Pertinência da CA



Fonte: Elaborada pela própria Autora.

Existem várias maneiras de representar as funções de pertinência, a forma utilizada neste sistema *fuzzy* foi a trapezoidal por esta ser a melhor forma que se adequou ao contexto. Todas as funções elaboradas foram averiguadas por meio de um especialista, ao qual esclareceu os dados das funções de pertinência, tornando assim possível representar cada função e o seu grau de pertinência.

4.2.2 Base de Regras

É formada seguindo as estruturas: SE <premissas> ENTÃO <conclusão>.

Foram definidas duas bases de regras, sendo uma para a classificação de risco à obesidade, utilizando a RCQ, tabela 3 e 4, e a outra base de regra foi para definir a classificação da SM, tabela 5.

A quantidade de regras definidas é importante, pois irá definir as combinações de entradas/saídas para a solução do problema.

Definindo a base de regra para a classificação do **RISCO A OBESIDADE**, utilizando a RCQ.

- # Regra 1: Se (SEXO masculino) e ($RCQ < 0.83$) e (I jovem) **então** baixo
- # Regra 2: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.83$ e $RCQ \leq 0.88$) e (I jovem) **então** moderado
- # Regra 3: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.89$ e $RCQ \leq 0.94$) e (I jovem) **então** alto
- # Regra 4: Se (SEXO masculino) e ($RCQ > 0.94$) e (I jovem) **então** muito alto
- # Regra 5: Se (SEXO masculino) e ($RCQ < 0.84$) e (I adulto jovem) **então** baixo
- # Regra 6: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.84$ e $RCQ \leq 0.91$) e (I adulto jovem) **então** moderado
- # Regra 7: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.92$ e $RCQ \leq 0.96$) e (I adulto jovem) **então** alto
- # Regra 8: Se (SEXO masculino) e ($RCQ > 0.96$) e (I adulto jovem) **então** muito alto
- # Regra 9: Se (SEXO masculino) e ($RCQ < 0.88$) e (I adulto) **então** baixo
- # Regra 10: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.88$ e $RCQ \leq 0.95$) e (I adulto) **então** moderado
- # Regra 11: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.96$ e $RCQ \leq 1.00$) e (I adulto) **então** alto
- # Regra 12: Se (SEXO masculino) e ($RCQ > 1.00$) e (I adulto) **então** muito alto
- # Regra 13: Se (SEXO masculino) e ($RCQ < 0.90$) e (I adulto maduro) **então** baixo
- # Regra 14: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.90$ e $RCQ \leq 0.96$) e (I adulto maduro) **então** moderado
- # Regra 15: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.97$ e $RCQ \leq 1.02$) e (I adulto maduro) **então** alto
- # Regra 16: Se (SEXO masculino) e ($RCQ > 1.02$) e (I adulto maduro) **então** muito alto
- # Regra 17: Se (SEXO masculino) e ($RCQ < 0.91$) e (I idoso) **então** baixo
- # Regra 18: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.91$ e $RCQ \leq 0.98$) e (I idoso) **então** moderado
- # Regra 19: Se (SEXO masculino) e ($RCQ \geq 0.99$ e $RCQ \leq 1.03$) e (I idoso) **então** alto
- # Regra 20: Se (SEXO masculino) e ($RCQ > 1.03$) e (I idoso) **então** muito alto
- # Regra 21: Se (SEXO feminino) e ($RCQ < 0.71$) e (I jovem) **então** baixo
- # Regra 22: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.71$ e $RCQ \leq 0.77$) e (I jovem) **então** moderado
- # Regra 23: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.78$ e $RCQ \leq 0.83$) e (I jovem) **então** alto
- # Regra 24: Se (SEXO feminino) e ($RCQ > 0.82$) e (I jovem) **então** muito alto
- # Regra 25: Se (SEXO feminino) e ($RCQ < 0.72$) e (I adulto jovem) **então** baixo
- # Regra 26: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.72$ e $RCQ \leq 0.78$) e (I adulto jovem) **então** moderado
- # Regra 27: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.79$ e $RCQ \leq 0.84$) e (I adulto jovem) **então** alto
- # Regra 28: Se (SEXO feminino) e ($RCQ > 0.84$) e (I adulto jovem) **então** muito alto
- # Regra 29: Se (SEXO feminino) e ($RCQ < 0.73$) e (I adulto) **então** baixo
- # Regra 30: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.73$ e $RCQ \leq 0.79$) e (I adulto) **então** moderado
- # Regra 31: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.80$ e $RCQ \leq 0.87$) e (I adulto) **então** alto
- # Regra 32: Se (SEXO feminino) e ($RCQ > 0.87$) e (I adulto) **então** muito alto
- # Regra 33: Se (SEXO feminino) e ($RCQ < 0.74$) e (I adulto maduro) **então** baixo
- # Regra 34: Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.74$ e $RCQ \leq 0.81$) e (I adulto maduro) **então** moderado

- # **Regra 35:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.82$ e $RCQ \leq 0.88$) e (I adulto maduro) **então** alto
- # **Regra 36:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ > 0.88$) e (I adulto maduro) **então** muito alto
- # **Regra 37:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ < 0.76$) e (I idoso) **então** baixo
- # **Regra 38:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.76$ e $RCQ \leq 0.83$) e (I idoso) **então** moderado
- # **Regra 39:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ \geq 0.84$ e $RCQ \leq 0.90$) e (I idoso) **então** alto
- # **Regra 40:** Se (SEXO feminino) e ($RCQ > 0.90$) e (I idoso) **então** muito alto

Definindo a base de regra para a classificação da **SM**.

- # **Regra 1:** SE (SEXO masculino) e (CA aumentado substancialmente) ou (TG limítrofe ou alto ou muito alto) ou (HDL baixo) ou (PAS limítrofe ou leve ou moderada ou grave) ou (PAD limítrofe ou leve ou moderada ou grave) ou (NG intolerante de jejum ou tolerância diminuída à glicose ou diabetes) **ENTÃO** sim
- # **Regra 2:** SE (SEXO feminino) e (CA aumentado) ou (TG limítrofe ou alto ou muito alto) ou (HDL baixo) ou (PAS limítrofe ou leve ou moderada ou grave) ou (PAD limítrofe ou leve ou moderada ou grave) ou (NG intolerante de jejum ou tolerância diminuída à glicose ou diabetes) **ENTÃO** sim

4.2.3 Etapa de Inferência

Todas as entradas são analisadas visando gerar o conjunto nebuloso de saída e seu respectivo grau de pertinência. No SICPC, foi utilizado o modelo *fuzzy* proposto por Mamdani (1974), utilizando o centro de área, onde a função de ativação de cada regra é ativada e o sistema de inferência determina o grau de pertinência da premissa das regras contidas na base de regras. O modelo produz respostas bastante confiáveis e, especificamente, sem grandes complexidades e compatível com a necessidade do ambiente de trabalho. Além disso, havia a necessidade de se estudar a viabilidade do uso da lógica *fuzzy* no contexto desta pesquisa (classificação de risco à saúde humana). Contudo, em estágio futuro, buscar-se-á, também, explorar a potencialidade das alternativas T-S e K-T-S. Na sequência, é determinado se as regras foram ativas. Neste caso, é aplicada a função de pertinência de saída, unindo os conjuntos nebulosos de saída ativados e seus respectivos graus de compatibilidade num único conjunto de saída. Esse conjunto de saída representa todas as ações que são aceitáveis para o conjunto de entrada, cada uma com seu nível de compatibilidade.

4.2.4 Etapa de Defuzzificação

Neste estágio é gerado um valor numérico único, a partir de todos os possíveis valores contidos no conjunto nebuloso obtido no estágio de inferência visando gerar a ação de controle recomendada (SANTOS, 2015).

A *defuzzificação* para todas as classificações aqui realizadas basearam-se na opinião dos especialistas, combinadas com operadores do tipo OR ou AND utilizados nesta pesquisa (GIABBANELLI *et al.* 2012) . Foi então realizada a *defuzzificação* do **Risco a Obesidade e da Síndrome Metabólica**.

A classificação do **Risco a Obesidade Masculina** (ROM) é composta por “RO baixo”, “RO moderado”, “RO alto”, “RO muito alto”, em termos linguísticos $BAIXA_{RO}$, $MODERADO_{RO}$, $ALTO_{RO}$, $MUITO\ ALTO_{RO}$, estando na faixa respectivamente (≤ 0.91 ; $\leq 0.98 \geq 0.83$; $\leq 1.03 \geq 0.89$; ≥ 0.94). Para realizar esta classificação foi utilizada a equação 2, seguindo a tabela 3. Tendo como variáveis linguísticas de entrada o SEXO, a IDADE, e o RCQ, ambos descritos na sessão 2, e emprega a variável linguística de saída com uma classificação de obesidade.

Conjunto de Saída (ROM):

ROM Baixa ($Baixa_{ROM}$) $\leq 0.91 \rightarrow Baixa_{ROM} = \{(0.70,0), (0.88,1), (0.91,0)\}$;

ROM Moderado ($Moderado_{ROM}$) ≤ 0.98 e $\geq 0.83 \rightarrow Moderado_{ROM} = \{(0.83,0), (0.85,1), (0.95,1), (0.98,0)\}$;

ROM Alto ($Alto_{ROM}$) ≤ 1.03 e $\geq 0.89 \rightarrow Alto_{ROM} = \{(0.89,0), (0.90,1), (1.03,0)\}$;

ROM Muito Alto ($MuitoAlto_{ROM}$) $> 0.94 \rightarrow Muito\ Alto_{ROM} = \{(0.95,0), (0.98,1), (1.03,0)\}$;

Na *defuzzificação* para a classificação do **Risco a Obesidade Feminina** (ROF) é composta por “RO baixo”, “RO moderado”, “RO alto”, “RO muito alto”, em termos linguísticos $BAIXA_{RO}$, $MODERADO_{RO}$, $ALTO_{RO}$, $MUITO\ ALTO_{RO}$, estando na faixa (< 0.76 ; ≤ 0.83 e ≥ 0.71 ; ≤ 0.90 e ≥ 0.78 ; > 0.82). Assim como na classificação masculina, foi realizada a classificação feminina seguindo a equação 2, e a tabela 4, ambos também descritos no sessão 2, e tendo como variáveis linguística de saída as mesmas do risco a obesidade masculina.

Conjunto de Saída (ROF):

ROF Baixa ($Baixa_{ROF}$) $< 0.76 \rightarrow Baixa_{ROF} = \{(0.60,0), (0.74,1), (0.76,0)\};$

ROF Moderado ($Moderado_{ROF}$) ≤ 0.83 e $\geq 0.71 \rightarrow Moderado_{ROF} = \{(0.71,0), (0.75,1), (0.85,1), (0.83,0)\};$

ROF Alto ($Alto_{ROF}$) ≤ 0.90 e $\geq 0.78 \rightarrow Alto_{ROF} = \{(0.78,0), (0.80,1), (0.85,1), (0.90,0)\};$

ROF Muito Alto ($MuitoAlto_{ROF}$) $> 0.82 \rightarrow Muito\ Alto_{ROF} = \{(0.82,0), (0.86,1), (0.90,0)\};$

Na *defuzzificação* para a classificação da **SM Masculina** (SMM), foi baseada seguindo os dados da tabela 5, descrita na sessão 2, é composta por “SMM sim”, “SMM não”, em termos linguísticos SIM_{SMM} , NAO_{SMM} , estando nas faixas: a CA [>102]; T [≥ 150]; HDL [< 40]; PAS [≥ 130] e PAD [≥ 85]; NG [≥ 110].

Conjunto de Saída (SMM):

SMM Sim CA(CA_{SMM}) $> 102 \rightarrow CA_{SMM} = \{(103,0), (105,1), (110,0)\};$

SMM Sim TG(TG_{SMM}) $\geq 150 \rightarrow TG_{SMM} = \{(150,0), (400,1), (800,0)\};$

SMM Sim HDL(HDL_{SMM}) $< 40 \rightarrow HDL_{SMM} = \{(0,1), (20,1), (39,0)\};$

SMM Sim PAS(PAS_{SMM}) $\geq 130 \rightarrow PAS_{SMM} = \{(130,0), (170,1), (200,0)\};$

SMM Sim PAD(PAD_{SMM}) $\geq 85 \rightarrow PAD_{SMM} = \{(85,0), (120,1), (180,0)\};$

SMM Sim NG(NG_{SMM}) $\geq 110 \rightarrow NG_{SMM} = \{(110,0), (160,1), (300,0)\};$

Na *defuzzificação* para a classificação da **SM Feminina** (SMF), também seguiu os dados da tabela 5, descrita na sessão 2, é composta por “SMF sim”, “SMF não”, em termos linguísticos SIM_{SMF} , NAO_{SMF} , estando nas faixas: a CA [>88]; T [≥ 150]; HDL [< 50]; PAS [≥ 130] e PAD [≥ 85]; NG [≥ 110].

Conjunto de Saída (SMF):

SMM Sim CA(CA_{SMF}) $> 88 \rightarrow CA_{SMF} = \{(89,0), (105,1), (110,0)\};$

SMM Sim TG(TG_{SMF}) $\geq 150 \rightarrow TG_{SMF} = \{(150,0), (400,1), (800,0)\};$

SMM Sim HDL(HDL_{SMF}) $< 50 \rightarrow HDL_{SMF} = \{(0,1), (20,1), (49,0)\};$

SMM Sim PAS(PAS_{SMF}) $\geq 130 \rightarrow PAS_{SMF} = \{(130,0), (170,1), (200,0)\};$

SMM Sim PAD(PAD_{SMF}) $\geq 85 \rightarrow PAD_{SMF} = \{(85,0), (120,1), (180,0)\};$

SMM Sim NG(NG_{SMF}) $\geq 110 \rightarrow NG_{SMF} = \{(110,0), (160,1), (300,0)\};$

4.3 FORMATAÇÃO E EXIBIÇÃO DOS DADOS

Depois dos dados processados e armazenados no servidor, foram apresentadas as classificações e a exibição das mesmas para todos os usuários (pacientes e especialistas). O sistema Web disponibiliza, aos pacientes, todas as classificações geradas para que estes possam consultar os diagnósticos obtidos, assim como os especialistas podem fazer as consultas, mas também dar entrada dos dados dos pacientes por meio de um celular. Já no sistema desenvolvido para o servidor pode ser feito a entrada dos dados, gerando as classificações e administração de toda a base de dados, sendo esta (base de dados) sob o controle somente dos especialistas.

5 RESULTADOS

O experimento foi realizado considerando-se uma base de dados correspondente a 376 pacientes. A metodologia proposta não se restringe ao menor ou maior número de pacientes.

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento dos algoritmos (web e servidor) sendo inicialmente criado o módulo de *login* de acesso ao sistema, permitindo acessar as informações dos pacientes e o módulo de gerenciamento, o qual é acessado apenas pelos profissionais da área que fazem todo o acompanhamento. No módulo de *cadastro do paciente* é feita a entrada dos dados básicos do paciente como: número da matrícula, data de nascimento, sexo, setor. Para todo paciente, quando inicia o atendimento, é realizado um exame de sangue onde são armazenados os dados como: data, glicemia jejum, CT, LDL, HDL, TG. Para controle das atividades físicas, que são realizadas uma vez na semana, são armazenados: data, peso, altura, CA, cintura, quadril, PAS, PAD, FC.

Os resultados obtidos com o sistema SICPC ficaram representados de uma maneira geral pelas classificações em: FC REPOUSO, PA, CT, LDL-C, HDL-C, TG, NG, IMC. Para a fase de *defuzzificação* foram realizadas duas classificações: OBESIDADE utilizando o cálculo do RCQ e SM, tanto para o sistema Web quanto para o sistema implantado no servidor. Assim, para melhor apresentação, está dividido em:

5.1 SISTEMA WEB

Após instalação do aplicativo, neste módulo é apresentado, ao usuário, uma tela de login de acesso, onde o mesmo poderá entrar com o número da matrícula que foi previamente cadastrada pelo administrador do sistema, como apresentado na figura 21. O código fonte do programa se encontra no APÊNDICE A – quadro 1 (Tela de *Login* do Sistema).

Figura 21 – Tela de Login do Sistema

A interface de login do sistema é apresentada em uma caixa retangular. No topo, há uma barra azul com o texto "Login" em branco. Abaixo, o fundo é cinza claro. Há duas linhas de entrada de dados: a primeira com o rótulo "Matrícula" e o texto "Seu nrº da matrícula"; a segunda com o rótulo "Senha" e o texto "Sua senha". No rodapé, centralizado, há um botão azul com o texto "ACESSAR" em branco.

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Consequentemente, o paciente, após ter efetuado o login de acesso ao sistema, poderá alterar sua senha e terá acesso às classificações. Porém, se o acesso ao aplicativo for por um especialista, este terá acesso ao cadastro dos pacientes, exame, atendimento, e as classificações, conforme figura 22 (a), (b) e (c). Este código fonte está disponível no APÊNDICE A – Quadros 2 (Tela de Cadastro Paciente), 3 (Entrada do Cadastro Paciente), 4 (Tela de Cadastro de Atendimento), 5 (Tela de Cadastro Exame). No Quadro 6, é feita a conexão e inicialização das variáveis de entrada.

Figura 22 – (a) Cadastro Paciente, (b) Cadastro Atendimento, (c) Cadastro Exame.

Cadastrar paciente	
Voltar	
Número da matrícula	
Digite o núm. da matrícula	
Data nascimento	01/01/2017
Sexo	Masculino
Setor	CECAP
CADASTRAR	

(a)

Cadastrar exame	
Voltar	
Número da matrícula	
Nr° da matrícula	
Data do exame	01/01/2017 x ▼
Índice glicêmico (IG)	Índice glicêmico do paciente
Colesterol total (CT)	Colesterol total do paciente
LDL-C	LDL-C do paciente
HDL-C	HDL-C do paciente
Triglicerídeos (TG)	Triglicerídeos do paciente
CADASTRAR	

(c)

Cadastrar atendimento	
Voltar	Lista
Número da matrícula	
Digite o nr. da matrícula	
Data do atendimento	01/01/2017
Pressão sistólica (PS)	Pressão sistólica do paciente
Pressão diastólica (PD)	Pressão diastólica do paciente
Peso	Peso do paciente
Altura	Altura do paciente
Cintura	Cintura do paciente
Quadril	Quadril do paciente
Circunferência abdominal	Circunferência abdominal do paciente
Frequência cardíaca	Frequência cardíaca do paciente
CADASTRAR	

(b)

Fonte: Elaborado pela própria Autora

O paciente e o especialista têm acesso às classificações geradas pelo sistema SICPC. A Figura 23, disponível no APÊNDICE A – Quadro 7 com classificação da Idade,

CA, CT, LDL. O Quadro 8 refere-se às classificações de HDL, TG e IMC. Já no Quadro 9 têm-se as classificações de RCQ – Risco Obesidade Masculina e Feminina, o quadro 10 está relacionado às classificações de NG, PAS e PAD, e no Quadro 11, têm-se as classificações de SM e FC.

Figura 23 – Classificações geradas do SICPC

Classificação
Sair
Índice de massa corpórea (IMC)
Peso normal (19.2 kg/m ²)
Risco obesidade
Alto
Colesterol total (CT)
Desejável (180 mg/dl)
LDL-C
Ótimo (90 mg/dl)
HDL-C
Desejável (67 mg/dl)
Triglicerídeos (TG)
Desejável (145 mg/dl)
Índice glicêmico
Normal (90 mg/dl)
Pressão arterial (PA)
Ótima
Síndrome metabólica
Não
Frequência cardíaca
Normal (80 bpm)

Fonte: Elaborado pela própria Autora

5.2 SISTEMA PARA SERVIDOR

Neste módulo, o administrador do sistema ou, também, os usuários, que podem ser os especialistas que acompanham o programa de atendimento, realizam o acesso ao sistema, cadastro e geram as classificações da mesma maneira que descrito no sistema Web, com telas no mesmo padrão. Sendo geradas as classificações gerais como: IMC, risco obesidade, CT, LDL, HDL, TG, NG, PA, SM, FC, CA, observar tabela 7, e sua programação

disponíveis no APENDICE B – Quadros 1 (IMC), 2 (Idade, Risco Obesidade), 3 (CA, CT, LDL, HDL, TG), 4 (NG, PA, FC), 5 (SM).

Tabela 7 – Classificações dos pacientes do setor das Acácias

Setor: <i>Acácias</i>											
Número Matricula	Pressão Arterial	CT	LDL	HDL	TG	Frequência Cardíaca	Nível Glicêmico	IMC	Circunferência Abdominal	RCQ	SM
64750	Moderada	Limítrofe	Limítrofe	Desejável	Alto	Normal	Diabetes	Obeso 1	Aumentado Substancialmente	Modo-rado	Sim
10044	Limítrofe	Limítrofe	Limítrofe	Desejável	Desejável	Normal	Intolerante de Jejum	Pré-Obeso	Normal	Baixo	Não
27107	Leve	Alto	Desejável	Baixo	Limítrofe	Braquicardia	Normal	Sobrepeso	Aumentado Substancialmente	Alto	Sim
21686	Ótima	Desejável	Limítrofe	Desejável	Limítrofe	Normal	Normal	Normal	Aumentado	Baixo	Não

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Nos resultados parciais apresentados na tabela 6, são mostradas as classificações obtidas via programação desenvolvida. É plausível sua demonstração, pois por meio dos dados de entrada, foi possível processar, armazenar e gerar as classificações.

Em destaque, é possível observar que pela *defuzzificação* foi gerado o risco à obesidade (RCQ) e SM. Porém, vale destacar que, na classificação para SM, o paciente de registro **10044**, obteve uma classificação para PA e outra para NG, como referência a risco de SM, se tivesse mais um componente seria classificado e receberia “sim” à classificação de SM. Como este fator pode exercer riscos à saúde dos pacientes, poderia haver uma terceira classificação, por exemplo, de “alto grau” ou “propensão a risco”, para que o profissional da área possa tomar de medidas de urgência e quem sabe desenvolver em conjunto a este programa outros programas voltados à saúde, como o de controle nutricional.

6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÃO

Um sistema inteligente reflete uma expectativa aos usuários, pois eles ficam seguros de que seu trabalho será feito de forma correta, rapidamente e cômoda. Os usuários passam a consultar e controlar mais suas atividades relacionadas à sua saúde, de forma simples e rápida. Sem contar que para os profissionais da saúde, a entrada dos dados se torna mais rápida, segura e seu processamento é automático, liberando-os de atividades repetitivas, de cálculos que poderiam, se fossem realizados manualmente, conter erros, levando a tomada de decisões incorretas podendo com isso prejudicar a saúde dos pacientes em tratamento. Os sistemas que são baseados em regras *fuzzy*, são eficientes e perfeitamente aplicáveis à área da saúde, podendo ser analisados por profissionais da saúde, como foi o caso utilizado no projeto, um profissional da fisioterapia e outro da educação física, e não necessariamente médicos especialistas. Apesar de a lógica *fuzzy* ser conhecida e largamente empregada na área da saúde, esta técnica foi usada em áreas que ainda não foram aplicadas, *i.e.*, na classificação da Obesidade por meio da RCQ e na classificação da SM, sendo todas elas aplicadas especificamente no programa de atendimento ao NASF. Os objetivos da proposta do projeto foram alcançados, visando o melhor atendimento e acompanhamento dos pacientes do NASF, considerando que a aplicação da técnica de lógica *fuzzy* proporcionou ótimos resultados nas classificações. Houve um incremento na qualidade dos resultados, pois a lógica *fuzzy* produz resultados (já observados em várias décadas de sua aplicação em vários problemas nas áreas de engenharia, ciências da saúde, sistemas agrícolas, entre outras áreas do conhecimento humano), de forma inteligente e menos restritivo, podendo-se afirmar que se trata de soluções de “bom senso”. Outra vantagem refere-se à facilidade de melhorar as soluções, via permanentes ajustes no sistema de inferência. Ressalta-se que todos os índices são tratados, nesta pesquisa, de forma independente, porém, sabe-se que estes índices são inter-relacionados, em maior ou menor grau. Contudo, os profissionais que prestam o atendimento podem complementar o diagnóstico e, assim, proporem as devidas ações preventivas. Para tratar destas inter-relações, há a necessidade de uma abordagem técnica mais complexa. Neste caso, há a necessidade do desenvolvimento de técnicas híbridas, combinando, por exemplo, a lógica *fuzzy*, redes neurais, teoria de evidência (BARNETT, 2008), assim como outras técnicas que poderão oferecer uma resposta mais qualitativa neste sentido.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para desenvolvimento futuros, sugerem-se:

- (1) implantar os sistemas desenvolvidos, pois esta é a etapa final de desenvolvimento que a Engenharia de *software* dispõe na análise e desenvolvimento de sistemas computacionais. Além do que, já existe a necessidade de se desenvolver um sistema que compare as entradas e classificações obtidas nestes casos com o tratamento e acompanhamento de pacientes que participam do programa de nutrição, podendo assim estabelecer e verificar se pacientes que participam de ambos os programas poderiam ou não ter um melhor resultado de sua avaliação em termos de nutrição, desempenho físico e qualidade de vida;
- (2) apesar dos resultados apresentados quanto ao risco de SM terem sido corretamente classificados, foi de grande vantagem sua classificação, principalmente aos profissionais que acompanham todo o trabalho desenvolvido pelo Centro de Saúde. Porém, se o paciente já apresenta dois riscos, como no caso do paciente 10044, tabela 6, este recebeu uma classificação de “não” ter risco à SM, porém este paciente já possui dois componentes de risco (PA e NG), merecendo talvez uma terceira classificação, intermediária as respostas de “sim” ou “não”, haja vista, que este paciente possa vir a ter risco se outros fatores forem próximos aos parâmetros estabelecidos ao risco da SM, como apresentado nos resultados;
- (3) implementar outras estratégias de *defuzzificação*, *e.g.*, como já comentado anteriormente, desenvolver um modelo baseado na técnica T-S e/ou K-T-S;
- (4) por se tratar de um sistema com aporte baseado nos sistemas inteligentes, pode-se aperfeiçoá-lo usando outras técnicas, como sistemas imunológicos artificiais, conjuntos rústicos (SURHOME; TENNOE; HENSSONOW, 2013) e teoria de evidência.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA - ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade [online]**. São Paulo, 2009-2010. Disponível em: <<http://www.abeso.org.br/>>. Acesso em: 13 out. 2016.
- BARNETT, J. A. **Computational methods for a mathematical theory of evidence**. Marina del Rey: Information Sciences Institute, 2008. p. 197–216.
- BEZDEK, J. C. Fuzzy models: what are they, and why?. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, Piscataway, v. 1, p. 1-6, 1993.
- CASTRO, L. N.; TIMMIS, J. **Artificial immune systems: a new computational intelligence approach**. New York: Springer, 2002. 357 p.
- COUTINHO, K. M. V.; RIZOL, P. M. S. R. R.; NASCIMENTO, L. F. C., MEDEIROS, A. P. P. Fuzzy model approach for estimating time of hospitalization due to cardiovascular diseases. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 8, p. 2585-2590, 2015.
- COX, E. **The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems**. San Diego: Academic Press Professional, 1994.
- CURATOLO, M.; DERIGHETTI, M., PETERSEN-FELIX, S., FEIGENWINTER, P., FISCHER, M., ZBINDEN A. M. Fuzzy logic control of inspired isoflurane and oxygen concentrations using minimal flow anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**, Oxford, v. 76, p. 245-250, 1996.
- DASGUPTA, D. **Artificial immune systems and their applications**. New York: Springer-Verlag, 1998.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 93, n. 3, Supl. 2, p. 1-19, 2009.
- EIBEN, A.E.; SMITH, J. E. **Introduction to evolutionary computing**. 2th. ed. London: Springer, 2015. (Natural computing series).
- FERRETI, P. A. G. Mathematical fuzzy model to determine coronary arterial risk. **Revista Ciências Exatas e Natural**, Guarapuava, v. 14, n. 1, 2012.
- GIABBANELLI, P. J.; TORSNEY-WEIR, T.; MAGO, V. K. A Fuzzy cognitive map of the psychosocial determinants of obesity. **Applied Soft Computing**, Amsterdam, v. 12, n. 12, p. 3711-3724, 2012.
- HAYKIN, S. **Neural networks and learning machines**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2008.
- JACKSON, P. **Introduction to expert systems**. Boston: Pearson-Addison Wesley. 3 th. ed., 1999.

JANTZEN, J. **Design of fuzzy controllers**. Lyngby: Technical University of Denmark, 1998.

KLIR, G. J.; YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications**. Madrid: Prentice Hall, 1995.

LIMA, J. G.; NÓBREGA, L. H. C.; VENCIO, S. **Diabetes mellitus: classificação e diagnóstico**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, 2004.

MAMDANI, E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. **Proceedings of IEEE**, Piscataway, 121, v. 12, p. 1585-1588, 1974.

MIYAHIRA, S. A.; AZEVEDO, J. L. M. C.; ARAÚJO, E. Fuzzy obesity index (MAFOI) for obesity evaluation and bariatric surgery indication. **Journal of Translational Medicine**, London, v. 9, p. 134, 2011.

NASCIMENTO, L. F.; ROCHA, R. P. M.; ABIUZI, L. B. Establishing the risk of neonatal mortality using a fuzzy predictive model. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 9, p. 2043-2052, 2009.

NEMOTO, T.; HATZAKIS, G. E.; THORPE, W. C.; OLIVENSTEIN, R.; DIAL, S.; BATE, J. H. T. Automatic control of pressure support mechanical ventilation using fuzzy logic. **Am J Respir Crit Care Med**, New York, v. 160, p. 550-556, 1999.

PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. **Fuzzy control**. Ohio: Addison-Wesley Longman, 1998.

SANTOS, J. F. **Sistema inteligente fuzzy para auxílio ao diagnóstico de níveis de risco da gestação integrado à plataforma de telemedicina preneonatal**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. I Diretriz brasileira de diagnóstico e tratamento da síndrome metabólica. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 84, Supl. 1, p. 1-28, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. I Diretriz de prevenção cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 101, n. 6, Supl. 2, p. 1-78, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Obesidade e intervenção coronariana: devemos continuar valorizando o índice de massa corpórea?, **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 90, n. 5, p. 311-316, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA; SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO; SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. VI Diretrizes brasileiras de hipertensão. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 95, n.1, Supl. 1, p. 1-51, 2010.

SIZILIO G. R. M. A. **Método Fuzzy para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama em ambiente inteligente de telediagnóstico colaborativo para apoio à tomada de decisão**. 2012. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

TAKAGI, T.; SUGENO M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Piscataway, v. 15, n. 1, p. 116-132, 1985.

SUGENO, M. E.; KANG, G. T. Structure identification of fuzzy model. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 28, p. 329–346, 1986.

SURHOME, L. M.; TENNOE, M. T.; HENSSONOW, S. F. **Rough set**. Piscataway: Betascript, 2013.

TUOMILEHTO, J.; LINDSTRÖM, J.; ERIKSSON, J. G.; VALLE, T. T.; HÄMÄLÄINEN, H.; IIANNE-PARIKKA, P.; KEINÄNEN-KIUKAANNIEM, I. S.; LAAKSO, M.; LOUHERANTA, A.; RASTAS, M.; SALMINEN, V.; UUSITUPA, M. Prevention of type II diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. **N Engl J Med**, Waltham, v. 344, p. 1343–1350, 2001.

USHIDA Y.; KATO R.; NIWA K.; TANIMURA D.; IZAWA H.; YASUI K.; TAKASE T.; YOSHIDA Y.; KAWASE M.; YOSHIDA T.; MUROHARA T.; HONDA, H. **Combinational risk factors of metabolic syndrome identified by fuzzy neural network analysis of health-check data**. London: BMC medical Informatics and Decision Making, 2012. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1472-6947/12/80>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

VITEZ, T. S.; WADA, R.; MACARIO, A. Fuzzy logic: theory and medical applications, **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, Maryland Heights, v. 10, n. 6, p. 800-808, 1996.

WHELTON, S. P.; CHIN, A.; XIN, X.; HE, J. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. **Ann Intern Med**, Philadelphia, v. 136, p. 493–503, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. V Diretriz brasileira de dislipidemias e prevenção da aterosclerose. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 101, n. 4, Supl. 1, 2013.

ZADEH L.A., Fuzzy sets. **Information and Control**, Maryland Heights, v. 8, p. 338-352, 1965.

ZADEH L. A. Is a there a need for Fuzzy Logic?, **Information Sciences**, Santa Rosa, v. 178, p. 2751-2779, 2008.

ZBINDEN, A. M.; FEIGENWINTER, P.; PETERSEN-FELIX, S.; HACISALIHZADE, S. Arterial pressure control with isoflurane using fuzzy logic. **British Journal of Anaesthesia**, Oxford, v. 74, p. 66-72, 1995.

APÊNDICE A - Programação das telas de login, cadastro e classificação do sistema Web e sistema em Servidor.

Na sequência, são apresentados os principais códigos de programação do Aplicativo Web.

Quadro 1 – Tela de login do Aplicativo

```
<div class="login-screen modal-in">
<div class="navbar">
<div class="navbar-inner">
<div class="center">Login</div>
</div></div>
<!-- Login form -->
<form>
<div class="list-block">
<ul>
<li class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-title label" style="color:black;">Matrícula</div>
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Seu número da matrícula" id="nr_matr">
</div></div>
</li>
<li class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-title label" style="color:black;">Senha</div>
<div class="item-input">
<input type="password" placeholder="Sua senha" id="senha">
</div></div>
</li></ul>
<p class="demo-progressbar-infinite-multi-overlay"><a href="#" class="button"
id="btacessar">Acessar</a></p>
</div>
</form>
</div>
```

Fonte: Elaboração da própria autora.

Quadro 2 – Tela de Cadastro do Paciente

```

<div class="navbar">
<div class="navbar-inner">
  <div class="center">Cadastrar paciente</div>
</div></div>
<div class="toolbar">
  <div class="toolbar-inner">
<a href="#" class="link" id="voltar">Voltar</a>
</div></div>
<div class="page-content">
<div class="content-block"></div>
<div class="list-block">
<ul><li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Número da matrícula</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="number" placeholder="Número da matrícula" id="nr_matr"
style="text-align:center;" max="8">
</div></div></div></li>
<li> <div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-title label" id="label">Data de nascimento</div>
<div class="item-input">
<input type="date" value="2017-01-01" id="data">
</div></div></div></li>
<li> <div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-title label" style="color:black;">Sexo</div>
<div class="item-input">
<select id="sex">
<option value="M" selected="selected">Masculino</option>
<option value="F">Feminino</option>
</select>
</div></div></div></li>
<li> <div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-title label" style="color:black;">Setor</div>
<div class="item-input">
<select id="setor">
<option value="Acácia" selected="selected">Acácia</option>
<option value="Câmpus III">Câmpus III</option>
<option value="Cicma">Cicma</option>
<option value="Cecap">Cecap</option>
</select></div></div></div></li></ul>
<p class="demo-progressbar-infinite-multi-overlay"><a href="#" class="button"
id="btcad">Cadastrar</a></p> </div></div>

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 3 – Entrada do Cadastro do Paciente

```

function()
{
    var nr_matr = $("#nr_matr").val();
    var data_nasc = $("#data").val();
    var sexo = $("#sexo").val();
    var setor = $("#setor").val();
    var url = "http://192.168.1.48/BD-project/cad_paciente.php";
    $.ajax
    ({type: "POST",url: url,data:
    {nr_matr: nr_matr,data: data_nasc,sexo: sexo, setor: setor},
    dataType: "json",
    success: function(result)
    {if(result == 1)
    myApp.alert('Paciente foi cadastrado!', 'Sucesso');
    else if(result == 0)
    myApp.alert('Dados já existente!', 'Atenção');
    myApp.hideProgressbar();},
    timeout: 8000})
    .fail(function()
    {myApp.alert('Verifique a conexão com o banco de dados!', 'Ocorreu
um erro');
    myApp.hideProgressbar();});}
    });
    // ----- Botão voltar -----
    $("#voltar").click(function()
    {window.location.href = "menu_admin.html";});

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 4 – Tela de Cadastro do Atendimento

```

<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Pressão sistólica</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Pressão sistólica do paciente" id="ps" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li> <div class="item-title" style="text-align: center;">Pressão diastólica</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Pressão diastólica do paciente" id="pd" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li> <div class="item-title" style="text-align: center;">Peso</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Peso do paciente" id="peso" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Altura</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Altura do paciente" id="altura" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Cintura</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Cintura do paciente" id="cint" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Quadril</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Quadril do paciente" id="quadril" style="text-align:center;">
</div></div></div></li>

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

```
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Circunferência abdominal</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Circunferência abdominal do paciente" id="circ_abd"
style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Frequência cardíaca</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Frequência cardíaca do paciente" id="freq_card"
style="text-align:center;">
</div></div></div></li>
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 5 – Tela de Cadastro de Exame

```

<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Índice glicêmico (IG)</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Índice glicêmico do paciente" id="ig" style="text-align:center;">
</div></div></div>
</li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Colesterol total (CT)</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Colesterol total do paciente" id="ct" style="text-align:center;">
</div></div></div>
</li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">LDL-C</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="LDL-C do paciente" id="ldl" style="text-align:center;">
</div></div></div>
</li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">HDL-C</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="HDL-C do paciente" id="hdl" style="text-align:center;">
</div></div></div>
</li>
<li>
<div class="item-title" style="text-align: center;">Triglicerídeos (TG)</div>
<div class="item-content">
<div class="item-inner">
<div class="item-input">
<input type="text" placeholder="Triglicerídeos do paciente" id="tg" style="text-align:center;">
</div></div></div>
</li>

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 6 – Estabelece conexão remota e faz a inicialização das variáveis de entrada

```

$(document).ready
(function()
{document.addEventListener("backbutton", onBackKeyDown, false);
// ----- Paciente -----
var data_nasc = []; var sexo;
// ----- Atendimento -----
var press_sistólica; var press_diastolica; var peso; var altura; var cintura; var
quadril; var circ_abd; var freq_card;
// ----- Exame -----
var glicemia; var ct; var ldl; var hdl; var tg;
// -----
var verificacao;
url = "http://192.168.1.48/BD-project/classificação.php";
usuario_local = localStorage.getItem("user");
$.ajax
({type: "POST", url: url, data:
{user: usuario_local},
dataType: "json",
success: function(result)
{//Armazena result para verificar posteriormente se o paciente possui todos os dados
if(result == "")
verificação = result;
$.each(result, function(index, field)
{// ----- Paciente -----
data_nasc = field.data_nasc;
sexo = field.sexo;
// ----- Atendimento -----
press_sistólica = field.ps;
press_diastólica = field.pd;
peso = field.peso;
altura = field.altura;
cintura = field.cintura;
quadril = field.quadril;
circ_abd = field.circ_abd;
freq_card = field.freq_card;
// ----- Exame -----
glicemia = field.ig;
ct = field.ct;
ldl = field.ldl_c;
hdl = field.hdl_c;
tg = field.tg;
// -----});},
timeout: 8000})
.fail(function()
{myApp.alert('Verifique se possui conexão com a internet!', 'Ocorreu um erro'); })

```

Quadro 7 – Classificação da Idade, CA, CT LDL.

```

.done(function()
{
// ----- Calcular idade do paciente -----
var ano_nasc; var idade; var i = 0;
// ----- Verifica se o paciente possui todos os dados -----
if(verificacao == "")
{
myApp.alert('Paciente não possui todos os dados para fazer a classificação!', 'Atenção');
document.getElementById("imc").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("rc").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("ct").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("ldl").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("hdl").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("tg").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("ig").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("pa").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("sm").innerHTML = "Indefinido";
document.getElementById("fc").innerHTML = "Indefinido"; return; }
// ----- Tomar somente o ano da data de nascimento -----
while(data_nasc[i] != '-')
{
if(i == 0) ano_nasc = data_nasc[i]; else ano_nasc += data_nasc[i]; i++;}
// ----- Calcular a idade -----
var data_atual = new Date(); var ano_atual = data_atual.getFullYear();
idade = ano_atual - ano_nasc;
// ----- classificando Idade -----
if(idade <= 29) idade = "jovem";
else if(idade >= 30) && (idade <=39) idade = "adulto jovem";
else if(idade >= 40) && (idade <=49) idade = "adulto";
else if(idade >= 50) && (idade <=59) idade = "adulto maduro";
else if(idade >= 60) idade = "idoso";
// ----- Circunferência Abdominal -----
if(circ_abd <= 88) circ_abd = "normal";
else if(circ_abd > 88) && (circ_abd <= 102) circ_abd = "aumentado";
else if(circ_abd > 102) circ_abd = "aumentado substancialmente";
// ----- Colesterol Total -----
if(ct < 200) document.getElementById("ct").innerHTML = "Desejável (" +ct+ " mg/dl)";
else if(ct >= 200 && ct <= 239) document.getElementById("ct").innerHTML = "Limítrofe (" +ct+ " mg/dl)";
else if(ct >= 240) document.getElementById("ct").innerHTML = "Alto (" +ct+ " mg/dl)";
// ----- LDL-C -----
if(ldl < 100) document.getElementById("ldl").innerHTML = "Ótimo (" +ldl+ " mg/dl)";
else if(ldl >= 100 && ldl <= 129) document.getElementById("ldl").innerHTML = "Desejável (" +ldl+ " mg/dl)";
else if(ldl >= 130 && ldl <= 159) document.getElementById("ldl").innerHTML = "Limítrofe (" +ldl+ " mg/dl)";
else if(ldl >= 160 && ldl <= 189) document.getElementById("ldl").innerHTML = "Alto (" +ldl+ " mg/dl)";
else if(ldl >= 190) document.getElementById("ldl").innerHTML = "Muito alto (" +ldl+ " mg/dl)";
}
}

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 8 – Classificação da HDL, TG, IMC.

```
// ----- HDL-C -----
if(hdl > 60) {document.getElementById("hdl").innerHTML = "Desejável (" +hdl+ "
mg/dl)";
hdl = "Desejável"};
else if(hdl < 40) {document.getElementById("hdl").innerHTML = "Baixo (" +hdl+ "
mg/dl)";
hdl = "Baixo"};
// ----- TG -----
if(tg < 150) {document.getElementById("tg").innerHTML = "Desejável (" +tg+ "
mg/dl)";
tg = "Desejável"};
else if(tg >= 150 && tg < 200) {document.getElementById("tg").innerHTML =
"Limítrofe (" +tg+ " mg/dl)";
tg = "Limítrofe"};
else if(tg >= 200 && tg <= 499) {document.getElementById("hdl").innerHTML =
"Alto (" +hdl+ " mg/dl)";
tg = "Alto"};
else if(tg >= 500)
{document.getElementById("tg").innerHTML = "Muito alto (" +tg+ " mg/dl)";
tg = "Muito alto"};
// ----- Calculando IMC -----
var imc = peso/(altura*altura);
// Limitando o IMC para uma casa decimal
var num = imc+""; var decimal = num.indexOf(".");
// Se o cálculo do IMC for decimal, limita para uma casa decimal
if(decimal !== -1)
{imc = imc.toFixed(1); }
// Fazendo a classificação do IMC do paciente.
if(imc > 0 && imc < 18.5)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Baixo peso (" +imc+ " kg/m²)";
else if(imc >= 18.5 && imc < 25)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Peso normal (" +imc+ " kg/m²)";
else if(imc >= 25 && imc < 30)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Pré-obeso (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc >=30 && imc < 35)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Obeso I (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc >= 35 && imc < 40)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Obeso II (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc >= 40)
document.getElementById("imc").innerHTML = "Obeso III (" +imc+ " kg/m²)";
entById("rc").innerHTML = "Muito alto";
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 9 – Classificação do RCQ – Risco à Obesidade

```
// ----- Calculando RCQ -----Classificando risco obesidade -----
---
var rcq = cintura/quadril; rcq = rcq.toFixed(2);
if(sexo == "M") // ----- Masculino -----
{ if(idade2 == "jovem")
{ if(rcq < 0.83) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.83 && rcq <= 0.88) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.89 && rcq <= 0.94) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Alto";
else if(rcq > 0.94) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto jovem")
{ if(rcq < 0.84) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.84 && rcq <= 0.91) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.92 && rcq <= 0.96) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Alto";
else if(rcq > 0.96) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto")
{ if(rcq < 0.88) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.88 && rcq <= 0.95) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.96 && rcq <= 1.00) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 1.00) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto maduro")
{ if(rcq < 0.90) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.90 && rcq <= 0.96) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.97 && rcq <= 1.02) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Alto";
else if(rcq > 1.02) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "idoso")
{ if(rcq < 0.91) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.91 && rcq <= 0.98) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.99 && rcq <= 1.03) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 1.03) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto "};}
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

```

{else if(sexo == "F") // ----- Feminino -----
{if(idade2 == "jovem")
{if(rcq < 0.71) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.71 && rcq <= 0.77) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.78 && rcq <= 0.83) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0.83) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto jovem")
if(rcq < 0.72) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.72 && rcq <= 0.78) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.79 && rcq <= 0.84) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0.84) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto")
{if(rcq < 0.73) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.73 && rcq <= 0.79) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.80 && rcq <= 0.87) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0.87) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "adulto maduro")
{if(rcq < 0.74) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.74 && rcq <= 0.81) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.82 && rcq <= 0.88) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0.88) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}
else if(idade2 == "idoso")
{if(rcq < 0.76) document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if(rcq >= 0.76 && rcq <= 0.83) document.getElementById("rc").innerHTML =
"Moderado";
else if(rcq >= 0.84 && rcq <= 0.90) document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0.90) document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}}

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 10 – Classificação NG, PAS, PAD

```
// ----- Índice glicêmico -----
if(glicemia <= 100)
{document.getElementById("ig").innerHTML = "Normal (" +glicemia+ " mg/dl)";
glicemia="Normal";}
else if(glicemia >= 101 && glicemia < 125)
{document.getElementById("ig").innerHTML = "Intolerante de jejum (" +glicemia+ " mg/dl)";
glicemia="Intolerante de jejum";}
else if(glicemia == 125)
{document.getElementById("ig").innerHTML = "Tolerância diminuída à glicose (" +glicemia+ " mg/dl)";
glicemia="Tolerância diminuída à glicose";}
else if(glicemia >= 126)
{document.getElementById("ig").innerHTML = "Diabetes (" +glicemia+ " mg/dl)";
glicemia="Diabetes";}
// ----- Pressão arterial sistólica -----
if(press_sistólica < 120)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Ótima";
press_sistólica = "Otima";}
else if(press_sistólica >= 120 && press_sistólica < 130)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Normal";
press_sistólica = "Normal";}
else if(press_sistólica >= 130 && press_sistólica <= 139)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Limítrofe";
press_sistólica = "Limitrofe";}
else if(press_sistólica >= 140 && press_sistólica <= 159)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Leve";
press_sistólica = "Leve";}
else if(press_sistólica >= 160 && press_sistólica <= 179)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Moderada";
press_sistólica = "Moderada";}
else if(press_sistólica >= 180)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Grave");
press_sistólica = "Grave";}
// ----- Pressão arterial diastólica -----
if(press_diastolica < 80)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Ótima";
press_diastólica = "Otima";}
else if(press_diastólica >= 80 && press_diastólica < 85)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Normal";
press_diastólica = "Normal";}
else if(press_diastólica >= 85 && press_diastólica <= 89)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Limítrofe";
press_diastólica = "Limítrofe";}
else if(press_diastólica >= 90 && press_diastólica <= 99)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Leve";
press_diastólica = "Leve";}
else if(press_diastolica >= 100 && press_diastolica <= 109)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Moderada");
press_diastólica2 = "Moderada";}
else if(press_diastólica >= 110)
{document.getElementById("pa").innerHTML = "Grave)"; press_diastólica = "Grave";}
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 11 - Classificação SM, FC

```
// ----- Síndrome metabólica -----
var contador = 0;
if(sexo == 'M') // ----- Classificação Masculina
{if(circ_abd == "aumentado substancialmente")
contador++;
if(tg == "limitrofe") || (tg == "alto") || (tg == "muito alto")
contador++;
if(hdl == "baixo")
contador++;
if(press_sistólica == "limítrofe") || (press_sistólica == "leve") ||
(press_sistólica == "moderada") || (press_sistólica == "grave")||
(press_diastólica == "limítrofe") || (press_diastólica == "leve") ||
(press_diastólica == "moderada") || (press_diastólica == "grave")
contador++;
if(glicemia="Intolerante de jejum") || (glicemia="Tolerância diminuída à glicose") ||
(glicemia="Diabetes")
contador++;}
else if(sexo == 'F') // ----- Classificação Feminina
{if(circ_abd == "aumentado") || (circ_abd == "aumentado substancialmente")
contador++;
if(tg == "limítrofe") || (tg == "alto") || (tg == "muito alto")
contador++;
if(hdl == "baixo")
contador++;
if(press_sistólica == "limítrofe") || (press_sistólica == "leve") ||
(press_sistólica == "moderada") || (press_sistólica == "grave")||
(press_diastólica == "limítrofe") || (press_diastólica == "leve") ||
(press_diastólica == "moderada") || (press_diastólica == "grave")
contador++;
if(glicemia="Intolerante de jejum") || (glicemia="Tolerância diminuída à glicose") ||
(glicemia="Diabetes")
contador++;}
if(contador >= 0 && contador < 3)
document.getElementById("sm").innerHTML = "Não";
else if(contador >= 3 && contador <= 5)
document.getElementById("sm").innerHTML = "Sim";

// ----- Frequência cardíaca de repouso -----
if(freq_card > 0 && freq_card < 60)
document.getElementById("fc").innerHTML = "Bradicardia (" +freq_card+ " bpm)";
else if(freq_card >= 60 && freq_card <= 100)
document.getElementById("fc").innerHTML = "Normal (" +freq_card+ " bpm)";
else if(freq_card > 100 && freq_card <= 250)
document.getElementById("fc").innerHTML = "Taquicardia (" +freq_card+ " bpm)";
}
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

APÊNDICE B - Programação das classificações do Sistema para o Servidor.

Na sequência, apresentam-se os principais códigos de programação do Sistema para o Servidor.

Quadro 1 – Classificação do IMC

```
// ----- Calculando IMC -----
var imc = peso/(altura*altura);

// Classificação do IMC do paciente.
if(imc < 18.5)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Baixo peso (" +imc+ " kg/m²)";
else if(imc >= 18.5 && imc < 25)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Peso normal (" +imc+ " kg/m²)";
else if(imc >= 25 && imc < 30)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Sobrepeso pré-obeso (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc >=30 && imc < 35)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Sobrepeso obeso I (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc >= 35 && imc < 40)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Sobrepeso obeso II (" +imc+ " kg/m²)";
else if (imc > 40)
    document.getElementById("imc").innerHTML = "Sobrepeso obeso III (" +imc+ " kg/m²)";
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

Quadro 2 – Classificação Idade , Risco Obesidade

```
// ----- Calculando RCQ -----
var rcq = cintura/quadril;
var idade,
rcq = rcq.toFixed(2);
// -----
// ----- Classificação da Idade-----
if(idade >=20 && idade <=29)
{idade = "jovem";
    else if(idade >=30 && idade <=39)
        idade = "adulto jovem";
    else if(idade >=40 && idade <=49)
        idade = "adulto";
    else if(idade >=50 && idade <=59)
        idade = "adulto maduro";
    else if(idade >=60 && idade <=69)
        idade = "idoso";}
}
```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

```
// ----- Classificando risco obesidade -----// ----- Masculino -
----
if(sexo == "M") // se sexo for masculino
{if(idade == "jovem")
{if(rcq <0,83))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
    else if((rcq >= 0,83) &&(rcq <= 0,88))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
    else if((rcq >=0,89) && (rcq <=0,94))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
    else if(rcq >=0,94)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto jovem")
{if (rcq <0,84))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
    else if((rcq >= 0,84) &&(rcq <= 0,91))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
    else if((rcq >= 0,92) &&(rcq <= 0,96))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
    else if(rcq >0,96)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto")
{if(rcq <0,88)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
    else if((rcq >= 0,88) &&(rcq <= 0,95))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
    else if((rcq >= 0,96) &&(rcq <= 1,00))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
    else if(rcq >1,00)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto maduro")
{if(rcq <0,90)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
    else if((rcq >= 0,90) &&(rcq <= 0,96))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
    else if((rcq >= 0,97) &&(rcq <= 1,02))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
    else if(rcq >1,02)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "idoso")
{if(rcq <0,91)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
    else if((rcq >= 0,91) &&(rcq <= 0,98))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
    else if((rcq >= 0,99) &&(rcq <= 1,03))
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
    else if(rcq >1,03)
    document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";}}}
```

```
// ----- Classificando risco obesidade -----// ----- Feminino -----
else if(sexo == "F") // se sexo for feminino
{ if(idade == "jovem")
{ if(rcq < 0,71))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if((rcq >= 0,71) &&(rcq <= 0,77))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
else if((rcq >= 0,78) &&(rcq <= 0,83))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq >= 0,83)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto jovem")
{ if (rcq < 0,72)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if((rcq >= 0,72) &&(rcq <= 0,78))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
else if((rcq >= 0,79) &&(rcq <= 0,84))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0,84)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto")
{ if(rcq < 0,73)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if((rcq >= 0,73) &&(rcq <= 0,79))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
else if((rcq >= 0,80) &&(rcq <= 0,87))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0,87)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "adulto maduro")
{ if(rcq < 0,74)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if((rcq >= 0,74) &&(rcq <= 0,81))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
else if((rcq >= 0,82) &&(rcq <= 0,88))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0,88)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto";
} else if(idade == "idoso")
{ if(rcq < 0,76)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Baixo";
else if((rcq >= 0,76) &&(rcq <= 0,83))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Moderado";
else if((rcq >= 0,84) &&(rcq <= 0,90))
document.getElementById("rc").innerHTML = "Alto";
else if(rcq > 0,90)
document.getElementById("rc").innerHTML = "Muito alto"; } }
```

Quadro 3- Classificação CA, CT, LDL, HDL, TG

```

// ----- Circunferência Abdominal -----
var circ_abd2;
if(circ_abd2 <= 88)
{ circ_abd = "normal";
else if(circ_abd2 >88 && circ_abd2 <=102)
  circ_abd = "aumentado";
  else if(circ_abd2 > 102)
    circ_abd = "aumentado substancialmente"; }
// ----- Colesterol Total -----
var ct2; ldl2; hdl2; tg2;
if(ct2 < 200)
  ct = "Desejável";
else if(ct2 >= 200 && ct <= 239)
  ct = "Limítrofe";
else if(ct2 >= 240)
  ct = "Alto";
// ----- LDL-C -----
if(ldl2 < 100)
  ldl = "Ótimo";
  else if(ldl2 >= 100 && ldl2 <= 129)
    ldl = "Desejável";
    else if(ldl2 >= 130 && ldl2 <= 159)
      ldl = "Limítrofe";
      else if(ldl2 >= 160 && ldl2 <= 189)
        ldl = "Alto";
        else if(ldl2 >= 190)
          ldl = "Muito alto";
// ----- HDL-C -----
if(hdl > 60)
  hdl = "Desejável";
  else if(hdl < 40)
    hdl = "Baixo";
// ----- TG -----
if(tg < 150)
  tg = "Desejável";
  else if(tg >= 150 && tg < 200)
    tg = "Limítrofe";
    else if(tg >= 200 && tg <= 499)
      tg = "Alto";
      if(tg >= 500)
        tg= "Muito alto";

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

```

// ----- Índice glicêmico -----
var glicemia2; press_sistólica2; press_diastolica2; pa;
if(glicemia2 <= 100)
glicemia = "Normal";
else if(glicemia >= 101 && glicemia < 125)
glicemia = "Intolerante de jejum";
else if(glicemia2 == 125)
glicemia = "Tolerância diminuída à glicose";
else if(glicemia2 >= 126)
glicemia = "Diabetes";
// ----- Pressão arterial (PA) -----
if(press_diastólica2 < 80)
    press_diastólica = "baixa";
else if((press_diastólica2 >=80) &&(press_diastólica2 < 85))
    press_diastólica = "normal";
else if((press_diastólica2 >= 85 && press_diastólica2 <= 89))
    press_diastólica = "media";
else if((press_diastólica2 >= 90 && press_diastólica2 <= 99))
    press_diastólica = "alta leve";
else if((press_diastólica2 >= 100 && press_diastólica2 <= 109))
    press_diastólica = "alta moderada";
else if(press_diastólica2 >= 110)
    press_diastólica = "alta grave";
if(press_sistólica2 < 120)
    press_sistólica = "baixa";
else if((press_sistólica2 >=120) &&(press_sistólica2 < 130))
    press_sistólica = "normal";
else if((press_sistólica2 >= 130 && press_sistólica2 <= 139))
    press_sistólica = "media ";
else if((press_sistólica2 >= 140 && press_sistólica2 <= 159))
    press_sistólica = "alta leve";
else if((press_sistólica2 >= 160 && press_sistólica2 <= 179))
    press_sistólica = "alta moderada";
else if(press_sistólica2 >= 180)
    press_sistólica = "alta grave";
// ----- Frequência cardíaca de repouso -----
if(freq_card < 60)
    document.getElementById("fc").innerHTML = "Bradicardia (" +freq_card+
" bpm)";
else if(freq_card >= 60 && freq_card <= 100)
    document.getElementById("fc").innerHTML = "Normal (" +freq_card+ "
bpm)";
else if(freq_card > 100)
    document.getElementById("fc").innerHTML = "Taquicardia (" +freq_card+
" bpm)";

```

Quadro 5 – Classificação para SM

```

// ----- Síndrome metabólica -----
var contador = 0;
if(sexo == 'M')
{if(circ_abd == "aumentado substancialmente")
    contador++;
    if((tg == "limítrofe" ) || (tg == "alto") || (tg == "muito alto"))
    contador++;
    if(hdl == "baixo")
    contador++;
    if((press_diastólica == "limítrofe") || (press_diastólica == "leve") ||
    (press_diastólica == "moderada") || (press_diastólica == "grave")) ||
    (press_sistólica == "limítrofe") || (press_sistólica == "leve") || (press_
    sistólica == "moderada") || (press_sistólica == "grave"))
    contador++;
    if((glicemia == "intolerante jejum") || (glicemia == "tolerância diminuída
    glicose") || (glicemia == "diabete"))
    contador++;}
else if(sexo == 'F')
{if(circ_abd == "aumentado")
    contador++;
    if((tg == "limítrofe" ) || (tg == "alto") || (tg == "muito alto"))
    contador++;
    if(hdl == "baixo")
    contador++;
    if((press_diastólica == "limítrofe") || (press_diastólica == "leve") ||
    (press_diastólica == "moderada") || (press_diastólica == "grave")) ||
    (press_sistólica == "limítrofe") || (press_sistólica == "leve") || (press_
    sistólica == "moderada") || (press_sistólica == "grave"))
    contador++;
    if((glicemia == "intolerante jejum") || (glicemia == "tolerância diminuída
    glicose") || (glicemia == "diabete"))
    contador++;
}
if(contador >= 3)
    document.getElementById("sm").innerHTML = "Sim";
else
    document.getElementById("sm").innerHTML = "Não";

```

Fonte: Elaborado pela própria Autora

APÊNDICE C – Documento que mostra a disponibilidade da base de dados trabalhada para o desenvolvimento da pesquisa. Fornecido pela Secretaria de Saúde – Adamantina/SP.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ADAMANTINA

- SECRETARIA DE SAÚDE -

Alameda João Andrade, 35 - Centro - Adamantina/SP - 17800-000 - CNPJ: 43.008.291/0001-77
Fone (18) 3502-3130 - E-mail: diretoriasaude@adamantina.sp.gov.br - www.adamantina.sp.gov.br

OFICIO nº. 046/2017/SMS - BTNF

Adamantina/SP, 13 de fevereiro de 2017.

A Senhora
Miriam Regina Bordinhon
Prof. Ciências da Computação
UNIFAI

Ref: Disponibilização de banco de dados NASF

Vimos através deste, informar a V.Sª que disponibilizamos a base de dados do Projeto Prolonga Vida (Dados antropométricos, Pressão Arterial e Circunferência Abdominal), colhidos pela equipe do NASF – Núcleo de Apoio à Saúde da Família de forma gratuita, tendo em vista que o curso de Ciências da Computação, através da Prof. Miriam Regina Bordinhon, desenvolverão um programa de software que será disponibilizado à Secretaria de Saúde de Adamantina gratuitamente para facilitar o acompanhamento dos pacientes pertencentes ao Projeto – Prolonga Vida pelo NASF.

Nesta oportunidade, reitero a V.Sª os protestos de estima e consideração.

Atenciosamente,


ROSEMEIRE PIVA DADAMO
Secretaria Municipal de Saúde