



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



JOMAR FERREIRA DOS SANTOS

**SISTEMA INTELIGENTE FUZZY PARA AUXÍLIO AO
DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE RISCO DA GESTAÇÃO
INTEGRADO À PLATAFORMA DE TELEMEDICINA
PRENEONATAL**

**MOSSORÓ - RN
2015**

JOMAR FERREIRA DOS SANTOS

**SISTEMA INTELIGENTE FUZZY PARA AUXÍLIO AO
DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE RISCO DA GESTAÇÃO
INTEGRADO À PLATAFORMA DE TELEMEDICINA
PRENEONATAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^ª D.Sc. Cícilia Raquel Maia Leite

Coorientador: Prof^º D.Sc. Pedro Fernandes Ribeiro Neto

**MOSSORÓ - RN
2015**

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Santos, Jomar Ferreira dos

Sistema inteligente fuzzy para auxílio ao diagnóstico de níveis de risco da gestação integrado à plataforma de telemedicina preneonatal. / Jomar Ferreira dos Santos. – Mossoró, RN, 2015.

96 f.

Orientador: Profa. Dra. Círcia Raquel Maia Leite

Dissertação (Mestrado) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

1. Inteligência Computacional. 2. Sistema de Suporte a Decisão. 3. Sistemas Especialistas. 4. Lógica Fuzzy - Assistência Pré-natal. I. Leite, Círcia Raquel Maia. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. IV. Título.

UERN/BC

CDD 004

Bibliotecária: Jocelania Marinho Maia de Oliveira – CRB 15 319

JOMAR FERREIRA DOS SANTOS

**SISTEMA INTELIGENTE FUZZY PARA AUXÍLIO AO
DIAGNÓSTICO DE NÍVEIS DE RISCO DA GESTAÇÃO
INTEGRADO À PLATAFORMA DE TELEMEDICINA
PRENEONATAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 26 / 02 / 2015.

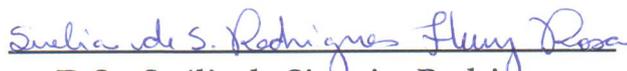
BANCA EXAMINADORA



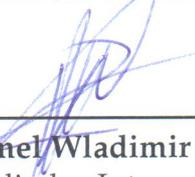
D.Sc. Círcia Raquel Maia Leite
Orientadora



D.Sc. Pedro Fernandes Ribeiro Neto
Coorientador



**D.Sc. Suélic de Siqueira Rodrigues
Fleury Rosa**
Avaliadora Externa



D.Sc. Rommel Wladimir de Lima
Avaliador Interno

Ao que tenho de mais importante em minha vida: meus pais, José Maria e Maria das Dores dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por estar sempre zelando por mim.

Muitas pessoas, direta ou indiretamente, contribuíram e fizeram parte desta etapa da minha vida. Tenho certeza de que sem o apoio delas eu não teria chegado até aqui. Portanto, espero que todas elas se sintam agradecidas e saibam que esta conquista não é só minha, mas de todos nós.

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional, pela torcida, pela ajuda, pela compreensão, pela confiança e por acreditar em mim. Agradeço em especial a minha mãe e ao meu pai por todos os cuidados e por toda atenção e preocupação comigo.

Agradeço aos meus orientadores, Cicília Maia e Pedro Fernandes, pela orientação, pela paciência, pelas lições acadêmicas, pela confiança, pela atenção, pelos ensinamentos e, principalmente, pela amizade e por acreditar em mim. Obrigado por me tornarem um profissional melhor e uma pessoa melhor.

Agradeço também a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da UERN e UFERSA, que muito contribuíram com a minha formação profissional e pessoal. Às equipes das secretarias do Mestrado, em especial à Rosita, agradeço por todo o apoio prestado.

Ao Ambulatório da Faculdade de Ciências da Saúde da UERN meus agradecimentos, em especial à médica Esp. Isabelle Cantídio, por ter dedicado tempo para me auxiliar na condução dos testes e no desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. Gláucia Sizilio por ter dedicado tempo para me auxiliar na condução dos testes e no desenvolvimento deste trabalho.

À Wilgna Fernandes, minha namorada, pela dedicação, carinho e amor. Todos os encontros desmarcados, o estresse, a pouca atenção nos momentos mais críticos do mestrado e a falta de tempo livre desses últimos meses foram respondidos com muita paciência e compreensão. Agradeço a Deus por você.

Aos meus amigos que caminharam junto comigo desde a graduação, meu muito obrigado. Sem vocês não teria graça. Em especial, ao amigo, Ismael Izidio, obrigado pela amizade e pelo auxílio neste trabalho.

Aos companheiros do Laboratório de Engenharia de software - LES, agradeço

por toda a ajuda que recebi nesses quase 5 anos de convivência. Obrigado também pelas risadas e momentos de descontração que sempre aliviavam a tensão durante o expediente.

Agradeço aos professores do departamento de informática, do curso de Ciência da Computação da UERN, que muito me ensinaram, e por vezes me inspiraram e motivaram. Agradeço também aos técnicos do departamento de informática.

Agradeço a minha tia, Maria Antonia, a Cristiano Cesário (*in memoriam*), Messias Augusto, Izabel Soares, Monalisa Soares, Marina Clara, por me acolherem com todo carinho e atenção, e pelos momentos de diversão e descontração.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro que me auxiliou no decorrer do desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço mais uma vez ao autor da minha existência, ao Deus soberano e altíssimo que me concede tudo, apesar de eu não merecer nada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

RESUMO

A assistência pré-natal constitui em cuidados, condutas e procedimentos em favor da mulher grávida e do feto, desde o início da gravidez até o trabalho de parto. Muitas mulheres morrem devido à complicações com a gravidez em todo o mundo, refletindo deficiências no atendimento. Parte dessas mortes podem ser evitadas com a melhoria na assistência pré-natal e agilidade no reconhecimento de sinais de problema na gestação. Assim, esforços têm sido realizados para equipar as unidades de saúde com tecnologias que possam contribuir para o melhor acesso à informação e auxílio à tomada de decisão, visando subsidiar a realização dos cuidados adequados. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um Sistema Inteligente para Auxílio ao Diagnóstico de Nível de Risco da Gestação (SPDR-GESTAÇÃO), com incorporação de recursos de inteligência computacional (no caso, um sistema especialista baseado em regras e utilizando lógica *fuzzy* para classificação de dados e geração de alertas), integrado à uma plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal, denominada Preneonatal. O SPDR-GESTAÇÃO foi desenvolvido em seis etapas: aquisição do conhecimento; aquisição dos dados; pré-processamento dos dados; processamento e classificação; pós-processamento; e validação. Na realização de testes utilizou-se o cálculo da sensibilidade e especificidade, e a validação final foi realizada por médicos especialistas e com casos clínicos padrão ouro. O SPDR-GESTAÇÃO realiza o pré-diagnóstico do nível de risco da gestação, apresentando 97,06% de sensibilidade (correto pré-diagnóstico de gestação com risco) e 89,06% de especificidade (correto pré-diagnóstico de gestação normal), emitindo mensagens específicas de alerta para cada risco detectado. Os resultados apresentados foram considerados satisfatórios e relevantes por médicos especialistas, principalmente pela sensibilidade apresentada e pela possibilidade de melhoria no atendimento pré-natal que pode ser propiciado pela plataforma Preneonatal.

Palavras-chave: Inteligência Computacional, Sistema de Suporte a Decisão, Sistemas Especialistas, Lógica *Fuzzy*, Assistência Pré-natal.

ABSTRACT

Prenatal care is in care, conduct and procedures in favor of pregnant woman and the fetus from the beginning of pregnancy until labor. Many women die due to complications with the pregnancy throughout the world, reflecting deficiencies in care. Part of these deaths can be avoided with the improvement in pre-natal care and agility in recognition of signs of problem in pregnancy. Therefore efforts have been made to equip the health units with technologies that may contribute to a better access to information and assistance in the decision-making, in order to subsidize the achievement of appropriate care. In this context the objective of this work is to develop an intelligent system to aid the Risk Level Diagnosis of Pregnancy (ADRLP-PREGNANCY), incorporating computational intelligence resources (in this case, one based expert system rules and using fuzzy logic to data classification and generating alerts), integrated into one platform to support telemedicine and health professionals monitoring the implementation of prenatal care protocols, called Preneonatal. The ADRLP-PREGNANCY was developed in six steps: acquisition of knowledge, data acquisition, preprocessing the data, processing and classification, post-processing and validation. In testing we used the calculation of sensitivity and specificity, and the final validation was performed by specialist physicians with clinical cases gold standard. The ADRLP-PREGNANCY performs the pre-diagnosis of pregnancy risk level with 97.06% sensitivity (correct pre-diagnosis risk with pregnancy) and 89.06% specificity (correct pre-diagnosis of normal pregnancy) issuing warning messages specific to each identified risk. The results were satisfactory and relevant by medical experts presented mainly by the sensitivity and the possibility of improvement in prenatal care that can be afforded by Preneonatal platform.

Key-words: Computational Intelligence, Decision Support System, Expert Systems, Fuzzy Logic, Pre-Natal Care.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de classificação para avaliar e determinar o risco durante a gestação.	20
Figura 2 – Os principais paradigmas da inteligência computacional e da pesquisa de investigação em curso.	31
Figura 3 – Estrutura básica de um sistema especialista baseado em regras.	32
Figura 4 – Exemplo de estrutura básica de um sistema <i>fuzzy</i>	36
Figura 5 – Funções de pertinência de linha reta.	37
Figura 6 – Funções de pertinência Gaussianas e Sino.	38
Figura 7 – Funções de pertinência sigmoidais.	39
Figura 8 – Funções de Pertinência Polinomiais.	39
Figura 9 – Diagrama esquemático da etapa de inferência.	41
Figura 10 – Diagrama esquemático de inferência.	41
Figura 11 – Métodos de <i>Defuzzificação</i>	42
Figura 12 – Fluxograma das atividades realizadas pelo SPDR-GESTAÇÃO.	46
Figura 13 – Função de pertinência da PAS	50
Figura 14 – Função de pertinência da PAD.	51
Figura 15 – Funções de Defuzzificação.	53
Figura 16 – Visão Geral da Preneonatal.	56
Figura 17 – Sequência de passos para acesso ao ambiente.	58
Figura 18 – Exemplo de arquitetura cliente-servidor.	58
Figura 19 – Telas de login e menu do Preneonatal Móvel.	60
Figura 20 – Tela do menu de atendimento à gestante.	61
Figura 21 – Área de login apresentada no Preneonatal Web.	64
Figura 22 – Tela inicial (tela do usuário) do Preneonatal Web.	64
Figura 23 – Tela de cadastro de gestante.	65
Figura 24 – Tela de listagem de gestantes do Preneonatal Web.	66
Figura 25 – Área de acesso rápido as demais informações da gestante.	66
Figura 26 – Tela de edição das informações pessoais da gestante.	67
Figura 27 – Tela de visualização e cadastro de consultas.	67
Figura 28 – Tela de visualização e cadastro de exames.	68
Figura 29 – Tela de cadastro e/ou visualização da gravidez atual.	68
Figura 30 – Exibição de alertas.	69
Figura 31 – Modelo <i>Fuzzy</i> para pré-diagnóstico de pressão arterial.	70
Figura 32 – Função de pertinência da PAS.	71
Figura 33 – Função de pertinência da PAD.	71
Figura 34 – Ambiente utilizado para definição da Base de Regras.	72

Figura 35 – Ambiente utilizado para validação da Base de Regras.	72
Figura 36 – Função de Pertinência - Defuzzificação.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e o trabalho desenvolvido nesta pesquisa.	25
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao paciente. . .	27
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao profissional.	28
Tabela 4 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação aos centros. . .	28
Tabela 5 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao sistema. . .	29
Tabela 6 – Fórmulas para Cálculo da Sensibilidade e da Especificidade considerando o Padrão Ouro e o pré-diagnóstico apresentado pelo SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy.	74
Tabela 7 – Matriz de avaliação do teste de pré-diagnóstico do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido para auxílio ao prognóstico da recorrência anormalidades quanto a pressão arterial.	75
Tabela 8 – Matriz de confusão do teste de pré-diagnóstico do PA- <i>fuzzy</i> desenvolvido para auxílio ao prognóstico da recorrência anormalidades quanto a pressão arterial.	75
Tabela 9 – Comparativo dos ensaios apresentados no “CONJUNTO DE ENSAIOS A”.	76
Tabela 10 – Comparativo dos ensaios apresentados no “CONJUNTO DE ENSAIOS B”.	77

LISTA DE SIGLAS

BCF Batimentos Cardíacos Fetais

BRAC Bangladesh Rural Advancement Committee

CEP Comitê de Ética em Pesquisa

CS Conjunto de Saída

FCF Frequência Cardíaca Fetal

FNA Fine Needle Aspirate

GOE *Global Observatory for E-Health*

GPRS *General Packet Radio Service*

GPS *Global Positioning System*

HA Hipertensão Arterial

IA Inteligência Artificial

IC Inteligência Computacional

IMC Índice de Massa Corporal

PA Pressão Arterial

PAAF Punção Aspirativa por Agulha Fina

PAD Pressão Arterial Diastólica

PAISM Programa de Assistência Integral à Saúde da Mulher

PAS Pressão Arterial Sistólica

PDA *Personal Digital Assistant*

PHPN Programa de Humanização do Parto e Nascimento

PSF Programa de Saúde da Família

RES Registro Eletrônico em Saúde

RNA Redes Neurais Artificiais

SE Sistema Especialista

SGBD Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SI Sistemas de Inteligentes

SIS Sistema de Informação em Saúde

SMS *Short Message Service*

TIC Tecnologia de Informação e Comunicação

UTI Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE ALGORITMOS

1	Avaliação do nível de risco da gestação com base na idade da gestante. . .	48
2	Avaliação e classificação do risco da gravidez com base nos BCFs.	48
3	Avaliação do estado da pressão arterial.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PRÉ-NATAL	17
2.1.1	Classificação do Nível de Risco da Gestação	19
2.2	TRABALHOS RELACIONADOS	21
2.3	TELEMEDICINA	26
2.4	SISTEMAS INTELIGENTES	29
2.4.1	Técnicas de Inteligência Computacional	30
2.4.1.1	Sistema Especialista Baseado em Regras	31
2.4.1.2	Lógica Fuzzy	34
2.4.1.2.1	Controlador Fuzzy	35
2.4.1.2.2	Estágio de Fuzzificação	36
2.4.1.2.3	Base de Regras	40
2.4.1.2.4	Estágio de Inferência	40
2.4.1.2.5	Estágio de Defuzzificação	42
3	SISTEMA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DE NÍVEL DE RISCO DA GESTAÇÃO	44
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	44
3.2	SPDR-GESTAÇÃO - VISÃO GERAL	45
3.3	SPDR-GESTAÇÃO - ETAPAS	46
3.3.1	Aquisição do Conhecimento	46
3.3.2	Aquisição dos Dados	47
3.3.3	Pré-Processamento dos Dados	47
3.3.4	Processamento e Classificação dos Dados – Desenvolvimento e Implementação da Base de Regras e do Sistema <i>Fuzzy</i>	47
3.3.5	Pós-processamento e Geração de Alertas	54
4	PRENEONATAL	55
4.1	VISÃO GERAL	55
4.2	PRENEONATAL MÓVEL	58
4.2.1	Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do Preneonatal Móvel	59
4.2.2	Funcionalidades do Preneonatal Móvel	60
4.3	PRENEONATAL WEB	62

4.3.1	Recursos Utilizados no Desenvolvimento Preneonatal Web . . .	62
4.3.2	Funcionalidades do Preneonatal Web	63
5	VALIDAÇÃO E RESULTADOS	70
5.1	VALIDAÇÃO	70
5.2	RESULTADOS	73
6	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXOS	86
	ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .	87
	ANEXO B – FICHA CLÍNICA DE PRÉ-NATAL	90

1 INTRODUÇÃO

Os índices de mortalidade materna são inaceitavelmente altos. Segundo, Say *et al.* (2014), por dia, cerca de 800 mulheres morrem de complicações com a gravidez ou relacionadas com o parto em todo o mundo. Em 2013, 289.000 mulheres morreram durante a gravidez, no parto ou após a gravidez. Quase todas estas mortes ocorreram em locais com poucos recursos e mais, poderiam ter sido evitadas.

A mortalidade materna representa um indicador do status da mulher, seu acesso ao sistema de assistência à saúde e a adequação deste sistema em responder às suas necessidades (WHO/UNICEF, 2011).

Uma das grandes causas das mortes maternas são as complicações durante e após a gravidez e o parto. As principais complicações que respondem por quase 75% de todas as mortes maternas são: sangramento grave (principalmente o sangramento após o parto), infecções (geralmente após o parto), pressão alta durante a gravidez (pré-eclâmpsia e eclâmpsia), complicações de parto e aborto inseguro. Pressão alta responde por 14% do número total de mortes.

Diferente dos países desenvolvidos, a Hipertensão Arterial (HA) na gestação permanece a primeira causa de morte materna direta no Brasil (37%), sendo a proporção maior nas regiões Norte e Nordeste em relação ao Sudeste, Sul e Centro-Oeste (FREIRE; TEDOLDI, 2009).

A mortalidade materna é um indicador de saúde que mostra grandes disparidades entre regiões ricas e pobres, urbanas e rurais, tanto entre os países como também dentro deles. O elevado número de mortes maternas em algumas áreas do mundo reflete as desigualdades no acesso aos serviços de saúde e destaca a diferença entre ricos e pobres.

Segundo Say *et al.* (2014), 99% das mortes maternas ocorrem em países em desenvolvimento, sendo evitáveis através de medidas simples, como melhor assistência pré-natal, por recursos adequados e profissionais de saúde capacitados. Atualmente, o consenso global para a saúde materna e infantil inclui a entrega de serviços de alta qualidade e contínua intervenção de abordagens de cuidados.

Em países ricos, praticamente todas as mulheres têm, pelo menos, 4 consultas pré-natais, são atendidas por um profissional de saúde capacitado durante o parto, além de receberem cuidados pós-parto. Em países de baixa renda, pouco mais de um terço de todas as mulheres grávidas realizam quatro consultas pré-natais.

As principais causas dos altos índices de mortes maternas e neo-natal são, muitas vezes, decorrentes de fatores como: demora no reconhecimento do problema e procura de cuidados adequados, devido à falta de consciência dos sinais de perigo; unidades de saúde inacessíveis ou falta de recursos para pagar serviços e medicamentos; demora em

receber o tratamento ao chegar em uma unidade de saúde, devido à unidade de saúde inadequada, falta de pessoal especializado ou serviços de emergência.

Outros fatores que impedem as mulheres de receberem ou, a procura de cuidados durante a gravidez e no parto, são: pobreza, distância, falta de informação, serviços inadequados, práticas culturais, entre outros.

Para melhorar a saúde materna, as barreiras que limitam o acesso aos serviços de saúde materna de qualidade devem ser identificadas e tratadas em todos os níveis do sistema de saúde. Neste sentido, esforços têm sido feitos para equipar as unidades de saúde com ferramentas que possam contribuir para melhor acesso à informação e cuidados adequados.

Em muitas regiões do Brasil, mais de 95% das grávidas frequentam o serviço de pré-natal, no entanto a morbidade e mortalidade materna e perinatal permanecem altas, refletindo deficiências importantes no atendimento (AMED *et al.*, 2010). Tal fato evidencia a necessidade de empenho permanente por parte de obstetras, toda a equipe de saúde e da comunidade científica como um todo para aprimorar esta atividade. Neste sentido, o desenvolvimento de soluções que visem dar suporte aos profissionais da saúde na execução dos protocolos de assistência pré-natal é de fundamental importância para auxiliá-los na busca por melhores condições para a mãe como também para o feto.

Os registros gerados durante os atendimentos de pré-natal, constituem certo volume de dados, sendo de fundamental importância para identificação dos fatores de risco gestacional. Assim, estes dados possibilitam um maior controle ao longo de toda a gestação, contribuindo para o diagnóstico precoce de possíveis complicações.

Em muitos casos, todo esse conjunto de dados gerados ao longo de cada pré-natal, acaba por não atingir, em sua totalidade, o seu objetivo que é gerar informações úteis ao profissional de saúde, sendo muitas vezes, subutilizados. Isso, na maioria das vezes pode ocorrer em virtude do grau de dificuldade imposto ao profissional de saúde em correlacionar tantos dados, ou seja, em uma simples consulta, acaba sendo difícil para o profissional de saúde, a percepção e/ou extração de todas as informações úteis contidas em tais dados. Outro ponto importante a ser destacado, é que, durante o atendimento, torna-se inviável ao profissional de saúde a realização de uma ampla e completa consulta ao histórico dos atendimentos anteriores da gestante.

Diante desse contexto, um fator importante a ser observado é a natureza e a forma como esses dados são coletados (de forma manual em prontuários de papel) e como se dá o seu armazenamento (empilhados em gavetas em determinado espaço físico), fatores que implicam diretamente na disponibilidade, dificultando o acesso e a pesquisa às informações.

Essas dificuldades, inerentes ao acompanhamento e execução do pré-natal, bem como ao desenvolvimento de métodos para pré-diagnóstico de estado da gestação e risco gestacional e à utilização de técnicas baseadas em sistemas inteligentes é essencial,

por entender que essas, quando utilizadas em conjunto, podem cooperar na obtenção dos bons resultados de diagnósticos. Dessa forma, este trabalho de dissertação apresenta o desenvolvimento de um sistema inteligente *fuzzy* para auxílio ao diagnóstico de níveis de risco da gestação integrado à uma plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal, denominada Preneonatal.

Assim, a utilização de técnicas inteligentes na execução de protocolos de pré-natal faz com que os dados gerados ao longo do pré-natal sejam processados de forma automática e, assim, possam inferir autonomamente um pré-diagnóstico e gerar alertas em situações fora do padrão e/ou anormais, disponibilizando-os para os profissionais de saúde. Este trabalho de dissertação está organizado como segue. O Capítulo 2 descreve a base teórica necessária ao desenvolvimento deste trabalho e as principais pesquisas que têm sido desenvolvidas neste contexto de estudo, abordando os principais conceitos do pré-natal, da telemedicina e da inteligência computacional e os trabalhos relacionados. No Capítulo 3 é apresentado o desenvolvimento do Sistema Inteligente para Auxílio ao Diagnóstico de Nível de Risco da Gestação, objeto de estudo desta dissertação de mestrado. No Capítulo 4 é apresentado o desenvolvimento da plataforma de telemedicina para o suporte e acompanhamento dos profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal. No Capítulo 5 a validação e os resultados são apresentados. Por fim, no Capítulo 6, as conclusões são apresentadas, bem como as perspectivas para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo constitui o referencial teórico, base para o desenvolvimento deste trabalho, onde são abordados conceitos relacionados ao pré-natal, à telemedicina e aos sistemas inteligentes. Assim, para melhor compreensão, o mesmo está subdividido em:

2.1 PRÉ-NATAL: apresenta uma introdução ao pré-natal;

2.2 TRABALHOS RELACIONADOS: trata sobre trabalhos relacionados a esta pesquisa;

2.3 TELEMEDICINA: apresenta os principais conceitos, bem como uma visão geral da telemedicina;

2.4 INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL: apresenta uma visão geral da inteligência computacional e suas principais técnicas.

2.1 PRÉ-NATAL

Em 1984, atendendo a uma série de reivindicações, o Ministério da Saúde elaborou o Programa de Assistência Integral à Saúde da Mulher (PAISM) (MS, 2004), marcando uma ruptura conceitual com os princípios da política de saúde das mulheres e os critérios para eleição de prioridades neste campo. O PAISM incorporou as propostas de descentralização, hierarquização e regionalização dos serviços, bem como a integralidade e a equidade da atenção, incluindo ações educativas, preventivas, de diagnóstico, tratamento e recuperação, englobando a assistência à mulher em clínica ginecológica, no pré-natal, parto e puerpério, entre outras.

O PAISM teve como objetivo maior atender à mulher em todas as fases da vida, respeitando as necessidades e características de cada uma delas. Desde sua elaboração, o ciclo gravídico-puerperal foi e continua sendo uma das áreas prioritárias deste programa. Para o funcionamento do PAISM, especialmente da assistência pré-natal, é necessário a disponibilidade de recursos humanos treinados, área física adequada e equipada, apoio laboratorial e instrumentos de registro, processamento e análise de dados, estruturação de um sistema de referência e contra-referência para permitir assistência às gestantes nos três níveis de complexidade do sistema de saúde e avaliação permanente das ações desenvolvidas.

Foi então que, no ano 2000, o MS lançou um manual técnico com referências para a organização da rede assistencial, capacitação de profissionais e normatização das práticas de assistência pré-natal (MS, 1989). No mesmo ano foram instituídos, também pelo Ministério da Saúde, o Programa de Humanização do Parto e Nascimento (PHPN)

e o SISPRENATAL (Sistema de Informação do Programa de Humanização do Pré-Natal e Nascimento).

Um outro evento importante que marcou o desenvolvimento da atenção ao pré-natal foi a implantação do Programa de Saúde da Família (PSF), atualmente denominada como Estratégia de Saúde da Família. Essa estratégia é apresentada como proposta de reorientação do modelo assistencial desenvolvido a partir da atenção básica, tomando-se como eixo estruturante deste nível de organização de saúde. Com isso, propõe-se que a assistência pré-natal ocorra nas unidades básicas de saúde, caracterizadas como a principal porta de entrada do sistema, onde são firmados os vínculos entre o setor e a comunidade. A partir de sua implantação, percebeu-se uma procura maior das gestantes para realizar as consultas de pré-natal.

A assistência à gestante é de fundamental importância para a prevenção de possíveis complicações durante o parto ou, até mesmo, para prevenir que a criança nasça com algum tipo de deficiência. Esta fase é conhecida como pré-natal, no qual a gestante passa por um acompanhamento médico, que é composto de uma série de consultas semanais ou mensais.

Neste contexto e segundo Rodrigues, Nascimento e Araújo (2011), a assistência pré-natal constitui-se em cuidados, condutas e procedimentos em favor da mulher grávida e do seu filho. Esta atenção caracteriza-se desde o início da gravidez até o trabalho de parto, de forma preventiva e tendo também como objetivos: identificar, tratar ou controlar patologias; prevenir complicações na gestação e parto; assegurar a boa saúde materna; promover bom desenvolvimento fetal; reduzir os índices de morbimortalidade materna e fetal e preparar o casal para o exercício da paternidade.

No contexto da assistência integral à saúde da mulher, a assistência pré-natal deve ser organizada para atender às reais necessidades da população de gestantes, mediante utilização dos conhecimentos técnico-científicos existentes e, dos meios e recursos disponíveis mais adequados para cada caso. As ações de saúde devem estar voltadas para a cobertura de toda a população-alvo da área de abrangência da unidade de saúde, assegurando continuidade no atendimento, acompanhamento e avaliação dessas ações sobre a saúde materna e perinatal.

Um dos recursos utilizados pelos profissionais da saúde é o cartão da gestante, nos quais os profissionais registram as informações relativas ao acompanhamento do pré-natal da gestante. Dentre as informações coletadas, constam dados pessoais, antecedentes, resultados de exames, dados da gravidez atual, do parto e do recém nascido, dentre outros. Esses dados estão acessíveis aos profissionais da saúde somente no momento da consulta e não há a realização de qualquer tipo de inferência ou pré-diagnósticos automatizados sobre esses dados, cabendo somente ao médico essa tarefa. Esse cartão é de fundamental importância durante o pré-natal, sobretudo, no momento do atendimento ao parto, pois oferece à equipe de saúde informações

básicas e necessárias sobre a evolução da gravidez, principalmente se, em condições de emergência, a gestante acabar sendo atendida em maternidade não-referendada (FILHO *et al.*, 2006).

Diante dos altos índices de mortalidade materna, é importante observar que a maioria destas mortes são evitáveis, dadas soluções adequadas de cuidados de saúde para prevenir ou controlar as complicações, além de vigilância e intervenção médica adequada. Todas as mulheres precisam ter acesso aos cuidados pré-natais durante a gravidez, cuidados especializados durante o parto, e cuidados e apoio nas semanas após o parto. É particularmente importante que todos os partos sejam atendidos por profissionais de saúde qualificados, como a gestão e tratamento atempados pode fazer a diferença entre a vida e a morte.

2.1.1 Classificação do Nível de Risco da Gestação

Classificar o nível de risco da gestação significa tomar uma decisão sobre a gravidade da doença. Para cada um dos sintomas principais avaliados na gestante, será selecionada uma categoria ou classificação, a qual corresponde à gravidade ou maior risco durante a gestação. É importante ressaltar que as classificações não são diagnósticos precisos das doenças, mas categorias que orientam a determinação de ações e do tratamento apropriado.

De acordo com Opas (2012), existem três maneiras possíveis de classificar o risco de uma gestante ao longo da gestação, a saber: gestação de baixo risco, gestação de alto risco e gestação com risco iminente. Entre os sinais de gestação com risco iminente pode-se destacar: trabalho de parto em curso < 37 semanas, gestação > 41 semanas, hipertensão não controlada, diminuição ou ausência de movimentos fetais, doença sistêmica grave, infecção urinária com febre, diabetes não controlada, sangramento vaginal, ruptura prematura de membrana > 12 horas, alteração da frequência cardíaca fetal (<120 ou >160), entre outros. Como sinais de gestação de alto risco, tem-se: idade < 15 ou > 35 anos, hipertensão controlada, sem pré-natal, intervalo entre as gestações < 2 anos, altura uterina sem correlação com a idade gestacional, cesárea anterior < 2 anos, antecedentes de prematuros, gestação de mãe Rh negativo, infecção urinária sem febre, entre outros. Assim, na ausência desses sinais, ou seja, nos casos em que a gestação não é considerada de risco iminente ou de alto risco, a mesma é então classificada como sendo gestação de baixo risco (OPAS, 2012). A Figura 1 apresenta o fluxograma com os sintomas para cada classificação.

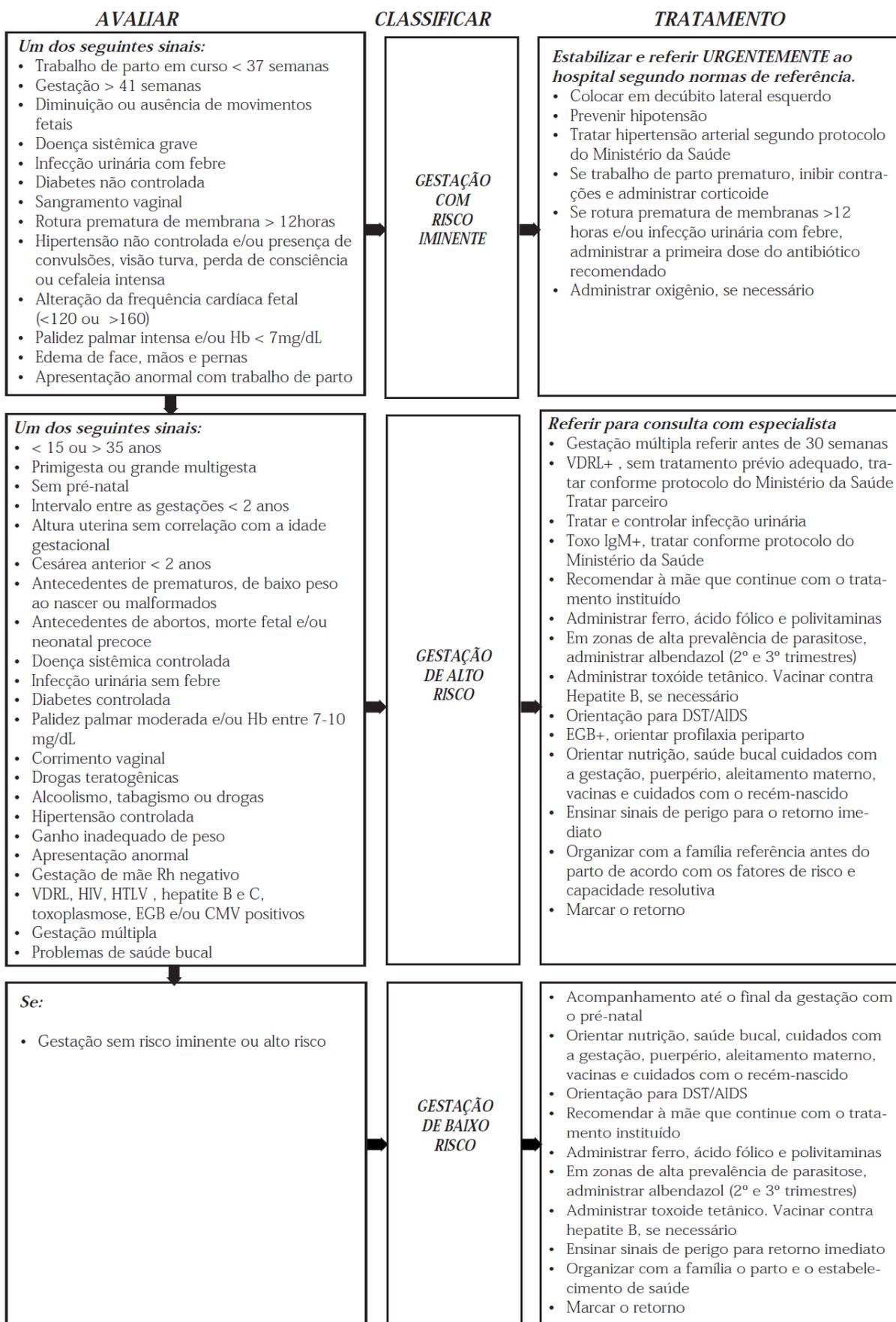


Figura 1 – Fluxograma de classificação para avaliar e determinar o risco durante a gestação.

Fonte: extraído de Opas (2012).

É importante salientar que boa parte destes sinais somente são diagnosticados mediante a realização de exames laboratoriais, muitas vezes, de custo elevado, e/ou condutas específicas mais sofisticadas, em alguns casos não acessíveis a todas as gestantes. Com isso, neste primeiro momento, intencionalmente estes dados não foram considerados no desenvolvimento deste trabalho, visando fornecer um pré-diagnóstico do nível de risco da gestação, no momento da consulta, além de torná-lo útil para qualquer equipe de saúde nos mais diversos contextos.

Dessa forma, para efeito de desenvolvimento, teste e validação dessa dissertação de mestrado, sob a orientação e recomendação de especialistas médicos, foram selecionados entre os sinais indicadores de risco, os fatores: idade da gestante, batimento cardíaco fetal e pressão arterial.

Fatores como idade inferior a 15 anos ou acima de 35 anos, como também menarca (primeira menstruação) há menos de dois anos, baixa estatura (menor que 1,45 m), baixo peso (menos de 45 kg) ou peso excessivo (mais de 75 Kg) estão relacionados à maior morbidade e mortalidade fetal e do recém-nascido (anormalidades cromossômicas e abortamentos espontâneos, mecônio intra-parto, baixo peso ao nascer, restrição do crescimento fetal, macrossomia, sofrimento fetal, prematuridade, internação em UTI e óbito) (OPAS, 2012). Para a mãe, é observado um aumento da mortalidade materna, trabalho de parto distócico, maior número de partos operatórios, ganho de peso, obesidade, diabete melito, hipertensão arterial crônica, pré-eclâmpsia e miomas. Os batimentos cardíacos fetais (BCFs) constituem um sinal de vivacidade e também de vitalidade do feto. Deve-se escutar sua frequência, intensidade, ritmo e localização. Em condições normais a frequência oscila entre 120 e 160 batimentos por minuto. Se o BCF for menor que 120 batimentos por minuto, considera-se bradicardia, e é consequência de depressão cardíaca produzida por asfixia. Se o BCF for maior que 160 batimentos por minuto, considera-se taquicardia e é um dos primeiros sinais de sofrimento fetal (OPAS, 2012). As pressões sistólica e diastólica diminuem na primeira metade da gestação em 5 a 10mmHg. Até o final da gravidez, alcançam os valores anteriores à gestação. Todo aumento da pressão sistólica acima de 140mmHg e/ou da diastólica acima de 90mmHg deve ser investigado e corrigido (FREIRE; TEDOLDI, 2009; SBC, 2007; SBC, 2011). Quando os valores da pressão sistólica e diastólica encontram-se abaixo de 95 e 55mmHg respectivamente, também podem representar risco para o feto.

2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

O diagnóstico médico é uma tarefa fundamental na prática da medicina e a base para um tratamento eficaz. A habilidade de se chegar a um diagnóstico diferencial correto

exige, além do conhecimento médico e da experiência por parte do profissional de saúde, um elaborado raciocínio clínico. Devido a enorme quantidade de elementos informativos que um médico necessita para a prática da medicina, sistemas de informação baseados em computador se apresentam como uma poderosa ferramenta no manuseio desse grande volume de informações e de processamento das incertezas médicas associadas.

A telemedicina aliada às técnicas de sistemas inteligentes vêm sendo empregados com sucesso em muitas pesquisas visando soluções em previsões, otimizações, análise de risco, controle, inferência, sistemas de apoio à decisão médica, entre outros.

A seguir são apresentados trabalhos relacionados ao objeto de estudo desta dissertação de mestrado.

No desenvolvimento de soluções de telemedicina, bem como de sistemas de apoio à decisão médica de modo geral, um recurso amplamente utilizado, de acordo com a literatura, é o uso de técnicas computacionais inteligentes. Tais técnicas foram utilizadas por Leite (2011), que em sua pesquisa, utilizou lógica *fuzzy* e Redes Neurais Artificiais (RNA) no desenvolvimento de um sistema inteligente para monitoramento e envio de alertas de pacientes em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Tal sistema, possibilita a extração de informações a respeito do quadro clínico dos pacientes tomando como base o conhecimento dos especialistas (médicos), realizando uma pré-análise automática de modo a auxiliar o atendimento médico. Outra característica apresentada pelo sistema é a possibilidade de acompanhamento dos pacientes, de forma remota, pelos profissionais envolvidos.

Em Sizilio (2012) a lógica *fuzzy* é utilizada no desenvolvimento de um método destinado a auxiliar o diagnóstico de câncer de mama a partir da análise de descritores extraídos de esfregaços de tecido mamário obtido por Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF¹). Ainda neste trabalho, foram utilizados conceitos de telemedicina de modo a propiciar o desenvolvimento de um ambiente inteligente de telediagnóstico colaborativo para auxílio à tomada de decisão, no qual o método inteligente baseado em lógica *fuzzy* foi inserido. O trabalho apresentou resultados bastante satisfatórios com 98,59% de sensibilidade (que é a capacidade de um teste diagnóstico identificar os verdadeiros positivos nos indivíduos verdadeiramente doentes) e 85,43% de especificidade (que é a capacidade de um teste diagnóstico identificar os verdadeiros negativos nos indivíduos verdadeiramente sadios), demonstrando o grande potencial das técnicas de inteligência computacional e da telemedicina no telediagnóstico assim como no auxílio à tomada de decisão.

Em Reis, Ortega e Silveira (2004), é apresentado um sistema especialista *fuzzy* para prever a necessidade de reanimação neonatal durante o parto. Segundo o autor, o sistema relaciona fatores de risco como idade da gestante, diabetes, trabalho de parto prematuro, entre outros, para proporcionar uma medida de risco da necessidade

¹ Também conhecida como *Fine Needle Aspiration* (FNA).

de medidas avançadas de reanimação neonatal. O sistema é estruturado como uma composição difusa desenvolvida com base na percepção subjetiva de perigo de nove neonatologistas, proporcionando um grau de associação com o risco de ocorrência de asfixia perinatal. Este sistema desenvolvido apresentou uma sensibilidade de 76,5% e especificidade de 94,8% na identificação da necessidade de medidas avançadas de reanimação neonatal.

Em Alam, Khanam e Khan (2012) é apresentada uma solução móvel para melhorar a saúde materna e infantil, com estudo de caso realizado em Bangladesh. A solução é composta de dois módulos, sendo um módulo móvel e um módulo web. O módulo móvel (desenvolvido) é utilizado para a coleta dos dados, que é realizada por meio de um algoritmo com árvore de decisão embutida. A coleta se dá em um formato simples, do tipo pergunta uma a uma de acordo com o cartão do Comitê de Avanço Rural de Bangladesh (BRAC²) para as mulheres grávidas e mães, incluindo recém-nascidos, bebês e crianças de 0 a 5 anos. Já o módulo web permite uma interface para visualização de dados dos pacientes, entrada do retorno do médico, relatórios de entradas de dados, dentre outros.

Em Datusus (2012) é apresentado um Sistema de Acompanhamento do Programa de Humanização no Pré-Natal e Nascimento, denominado, Sisprenatal. Este sistema, tem por finalidade o desenvolvimento de ações de promoção, prevenção e assistência à saúde de gestantes e recém-nascidos, ampliando esforços no sentido de reduzir as altas taxas de morbi-mortalidade materna, perinatal e neonatal. Com isso, melhorando o acesso, a cobertura e a qualidade do acompanhamento pré-natal, da assistência ao parto e puerpério e da assistência neo-natal. Dessa forma, o Sisprenatal subsidia municípios, estados e o Ministério da Saúde com informações fundamentais para o planejamento, acompanhamento e avaliação das ações desenvolvidas, através do Programa de Humanização no Pré-Natal e Nascimento. Por meio do Sisprenatal, o Ministério da Saúde do Brasil monitora o cumprimento das ações mínimas contempladas no programa e repassa verbas para municípios que cumprem esses requisitos. A disponibilização de recurso financeiro para investimento regional é fundamental para a organização do cuidado e para a qualidade do serviço de saúde (SAY; RAINE, 2007).

Em Mahmud e Keyson (2013a) é apresentada uma proposta de desenvolvimento de um sistema móvel de diagnóstico para apoio ao pré-natal nos países em desenvolvimento. De acordo com o trabalho, o sistema de apoio de diagnóstico terá um banco de dados onde as informações demográficas, informações de visitas ao centro de saúde primário e detalhes da gravidez anterior são armazenados. A parte da interface gráfica do usuário será usada para recuperação dessa informação e ponto de acesso para o centro de atenção primária. Terá, ainda, o algoritmo automatizado que irá analisar os fatores de risco e irá prover decisões. De acordo com os autores, no geral, o sistema

² sigla derivada do inglês *Bangladesh Rural Advancement Committee*.

apoiará gestantes rurais com base em fatores contextuais locais, tais como, necessidades de saúde primária, onde ocorrem comumente mais doenças durante o período de gravidez.

Em Mahmud e Keyson (2013b), foi apresentada a avaliação e concepção de uma aplicação preliminar para melhorar o fluxo de trabalho de parteiras holandesas. O aplicativo também será capaz de documentar cada visita ao centro de obstetrícia e fornecerá recomendações sobre alimentação e nutrição, exercício, etc. Consequentemente, as parteiras estarão mais conectadas com as mulheres grávidas podendo ser dado apoio virtual. As mulheres grávidas utilizarão aplicativo para obter assistência sobre as suas questões relacionadas à gravidez, como comportamentos saudáveis, alimentos e exercícios durante cada trimestre. Já as parteiras utilizarão o aplicativo móvel quando elas precisarem visitar uma paciente. O aplicativo para parteira está ligado ao software local usado no centro de obstetrícia para prestar os cuidados pré-natais. Consequentemente, as parteiras devem ter menor carga durante suas práticas de obstetrícia e o aplicativo para as mulheres grávidas também atuará como suporte obstetrícia virtual. As enfermeiras podem usar o aplicativo durante o atendimento pós-natal, e também para determinar o nível de bilirrubina dos bebês recém-nascidos.

Em Gaspar *et al.* (2013) é apresentado um Sistema de Informação em Saúde (SIS) para o monitoramento da qualidade da assistência obstétrica e neonatal, denominado SISMater. No trabalho é realizado um estudo científico de caráter interdisciplinar entre a medicina, ciência da informação e da computação que compreende um levantamento exploratório do cenário da assistência obstétrica e neonatal com enfoque especial na documentação clínica proveniente da atenção à saúde de parturientes e neonatos. Além disso, foi proposto, implementado e testado um protótipo (software) de apoio à gestão de serviços de saúde capaz de coletar e registrar dados clínicos, implementando o Registro Eletrônico em Saúde (RES) obstétrico. Teve ainda como objetivo o desenvolvimento de um painel de indicadores de qualidade da assistência materno-infantil (neonatal) que atenda às necessidades de informações próprias desta área de atuação médica.

Em Maitra e Kuntagod (2013) é apresentada uma aplicação móvel para auxiliar os trabalhadores rurais de saúde materna na Índia. O aplicativo tem a finalidade de fornecer consulta automatizada para ajudar a determinar as condições de risco da gravidez e sugerir tratamento por meio de um sistema especialista embutido no aplicativo. Neste sistema, parte das regras de auxílio ao diagnóstico são executadas no dispositivo móvel no ponto de coleta de dados e a dependência da disponibilidade da rede é desprezível. Segundo os autores, o aplicativo exige conhecimentos médicos mínimos por parte dos cuidadores, possibilitando que uma assistência precoce (pré-diagnóstico) seja fornecida antes mesmo do paciente ter acesso a um médico especialista.

Em Edelman *et al.* (2014), é apresentada a implementação de uma ferramenta eletrônica de histórico genômico e saúde familiar no pré-natal primário, denominada

PHP, do inglês *The Pregnancy and Health Profile*. É uma ferramenta software livre de avaliação de risco genético para provedores de pré-natal primárias que coleta, por meio das entradas do paciente, informações do histórico de saúde familiar, pessoal e histórico de saúde obstétrica. Realiza a avaliação de risco e apresenta para o profissional de saúde apoio à decisão durante o encontro pré-natal.

Em Chourasia, Tiwari e Gangopadhyay (2014), é apresentado um novo método de avaliação do estado de saúde fetal com base no intervalo da lógica *fuzzy* tipo 2 através da fonocardiografia fetal. A avaliação do bem-estar fetal depende muito dos padrões das variações na frequência cardíaca fetal (FCF), que por sua vez, são muito complexas por natureza, portanto uma interpretação de confiança é muito difícil de se obter e, muitas vezes, leva a diagnóstico errôneo. Neste trabalho, quatro parâmetros da frequência cardíaca fetal são extraídos de cada sinal de fonocardiografia fetal para o diagnóstico de auxílio à tomada de decisão. As funções de pertinência destas quatro entradas e uma saída foram escolhidas como um intervalo de valores de modo a representar o nível de incerteza. As regras *fuzzy* foram elaboradas com base nos parâmetros da frequência cardíaca fetal de padrões de diretrizes clínicas. Testes clínicos experimentais mostraram bom desempenho do sistema desenvolvido em comparação com o traço FCF gravados simultaneamente através de monitor fetal padrão. A avaliação estatística do sistema desenvolvido mostra precisão de 92%.

Para uma melhor compreensão entre as áreas de atuação dos trabalhos relacionados citados, a Tabela 1 apresenta um comparativo entre as principais características destes trabalhos e o trabalho apresentado nesta dissertação: Aplicativo para Dispositivos Móveis (ADM), Sistema *Web* (SW), Registro de Dados (RD), Técnica de Inteligência Computacional (TIC), Pré-Diagnóstico (PD) e Geração de Alertas (GA).

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e o trabalho desta pesquisa.

	ADM	SW	RD	TIC	PD	GA
Reis, Ortega e Silveira (2004)	★	★	★	★	★	
Leite (2011)			★	★	★	★
Sizilio (2012)		★	★	★	★	
Alam, Khanam e Khan (2012)	★		★	★	★	
Datusus (2012)			★			
Mahmud e Keyson (2013a)		★	★			
Mahmud e Keyson (2013b)			★	★		
Gaspar <i>et al.</i> (2013)			★	★		
Maitra e Kuntagod (2013)	★		★	★	★	
Edelman <i>et al.</i> (2014)	★		★	★		
Chourasia, Tiwari e Gangopadhyay (2014)	★		★	★	★	
Este trabalho	★	★	★	★	★	★

Diante do exposto, esse trabalho apresenta como diferencial um sistema inteligente *fuzzy* para auxílio ao diagnóstico de níveis de risco da gestação integrado à uma plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal. Esta plataforma permite o registro de dados (compondo uma base de dados com os registros das gestantes) via dispositivos móveis ou pela interface web e o processamento e classificação dos dados por meio de técnicas computacionais inteligentes, gerando pré-diagnóstico (nível de risco da gestação e alertas) de acordo com as anormalidades identificadas.

2.3 TELEMEDICINA

Um dos fatores que mais contribuem para o constante avanço da medicina e dos seus resultados é a utilização de recursos tecnológicos em apoio às práticas médicas. A evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) revolucionou as atividades diárias de milhões de pessoas, contribuindo para melhorias na qualidade de trabalho e de vida. Uma das áreas que têm obtido grandes benefícios é a área da saúde. Dentre esses recursos, a utilização de tecnologias móveis vem ganhando bastante atenção nos últimos anos.

M-Health (Mobile Health) é um componente do *E-Health (electronic health)*. Até então, não existe um consenso sobre a definição de *M-Health*. No entanto, para os fins da pesquisa, o observatório global para *E-Health*, do inglês *Global Observatory for E-Health (GOE)*, definiu *M-Health* ou saúde móvel como prática médica e de saúde pública suportado por dispositivos móveis, como telefones celulares, *tablets*, dispositivos de monitoramento de pacientes, *Personal Digital Assistant (PDA)* e outros dispositivos sem fio (WHO, 2011).

De acordo com Who (2011), a *M-Health* pode variar de serviços simples, como o envio de mensagens de voz, serviço de mensagens curtas, do inglês *Short Message Service (SMS)*, bem como, funcionalidades mais complexas e aplicações, como serviço geral de pacote via rádio, do inglês *General Packet Radio Service (GPRS)*, incluindo serviços de telecomunicações móveis (sistemas 3G e 4G), sistema de posicionamento global ou *Global Positioning System (GPS)* e tecnologia *Bluetooth*.

O crescimento da *M-Health* está ligado diretamente ao avanço das tecnologias móveis, principalmente dos celulares, *smartphones* e *tablets*. Com a grande quantidade de produtos lançados no mercado que visam atingir todas as classes econômicas da sociedade e com o investimento realizado na comunicação e transmissão de dados, estes tipos de dispositivos se popularizaram no mundo todo.

Segundo Who (2011), a *M-Health* e a *E-Health* estão amplamente ligados, ambos

são usados para melhorar os resultados na área da saúde e suas tecnologias, trabalhando em conjunto. Por exemplo, muitas iniciativas da saúde, em linha, envolvem digitalização de registros de pacientes e criação de recurso eletrônico que idealmente irá padronizar o acesso aos dados do paciente dentro de um sistema nacional. Programas *M-Health* podem servir como ponto de acesso para inserção de dados do paciente nos sistemas nacionais de informação em saúde, e também como ferramentas remotas que fornecem informações para clínicas, prestadores domésticos e outros profissionais da área da saúde.

Uma das principais vantagens da *M-Health* é o fato de permitir que os limites territoriais ou de difícil acesso sejam superados, como também reduzir os custos por meio da prevenção de doenças.

Diante desse contexto, e em países que possuem grande área geográfica, o Brasil, por exemplo, em que a distribuição de médicos acontece de forma desigual, a *M-Health* apresenta-se como uma possível solução para minimizar este problema.

A cooperação entre a tecnologia de informação e a biomedicina tem propiciado o desenvolvimento de soluções que visam melhorias desde a qualidade do monitoramento até questões relacionadas à educação.

De acordo com Sica e Selvaggi (2010), uma definição bastante abrangente foi fornecida pelos peritos da Comunidade Europeia, em 1990, em que a telemedicina é:

“a integração, monitoramento e gerenciamento de pacientes, bem como a educação de si mesmos e do pessoal usando sistemas que permitem o acesso fácil de consultoria especializada e informações do paciente, não importa onde ele reside, ou de informação”.

A utilidade da telemedicina tem sido amplamente demonstrada em muitas áreas com benefícios sócio-econômicos significativos para pacientes, familiares, profissionais da saúde e do sistema de saúde. A Tabela 2 apresenta as vantagens e desvantagens da telemedicina do ponto de vista dos pacientes.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao paciente.

Vantagens e/ou impulsores	Desvantagens e/ou problemas
Reduzir as desigualdades acessibilidade	Privacidade e confidencialidade na relação médico-paciente
Diagnóstico e tratamento mais rápido	Implicações éticas e legais
Facilitar a continuidade	Segurança no gerenciamento dos dados
Evitar transferências	
Família mais perto do paciente	
Novos modelos de relacionamento	
Maior participação no processo de saúde	
O aumento da utilização da Internet e das novas tecnologias	Baixo acesso a parte da população e populações carentes ou menos favorecidas (países em desenvolvimento, idosos, etc.) às (TIC)

Fonte: adaptado de Castillejo (2013).

Já em relação ao profissional, as vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao profissional.

Vantagens e/ou impulsores	Desvantagens e/ou problemas
Melhor manipulação de incerteza em ambientes mais isolados	Responsabilidade Profissional é difundida (vários profissionais de outros sites)
Mais evidências para decisões	A falta de treinamento e uso de novas tecnologias
Maior acesso do médico de família a especialistas hospitalares	Falta de disponibilidade tecnológica
Evita movimento para outro nível de atendimento	Mal adaptação das tecnologias (rede lenta, etc.)
Novas possibilidades (contato de internação) de relação	Requer normalização, rotinas de trabalho e processos
Aumento da confiança pela imagem de inovação	Leva algum tempo, especialmente no início
Aumento da satisfação do usuário	Requer modelo de mudança em relação aos pacientes e tomada de decisão
Novo acesso à educação médica e treinamento	
O aumento do uso de novas tecnologias	A aceitabilidade dos profissionais de saúde
O acesso à informação/formação mais fácil, mais rápido, mais barato e atualizado por meio de novas tecnologias	O reconhecimento, às vezes e não requer tempo extra, mesmo depois de horas para o seu desenvolvimento ou o uso
Percepção da utilidade de projetos já implantados	
Recursos limitados	
Economia de tempo de alguns projetos	

Fonte: adptado de Castillejo (2013).

Do ponto de vista dos centros, as vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação aos centros.

Vantagens e/ou impulsores	Desvantagens e/ou problemas
Testes de redução de perdas	Requer recursos específicos
Diagnóstico e tratamento mais rápido, preciso e oportuno	Requer uma mudança cultural nas estruturas de gestão
Melhor comunicação entre os departamentos	Requer mudança na cultura de trabalho dos profissionais
Economia em gastos com transporte	Falta de formação de gestores
Imagem de inovação	
Utilização mais eficiente do equipamento	
Necessidade de expansão dos serviços	Resistência dos gestores (por falta de treinamento ou resistência à mudança)
Limitados recursos materiais e humanos	Dificuldade por vezes, para os benefícios de curto prazo
	Dificuldade na avaliação

Fonte: adptado de Castillejo (2013).

Já em relação ao sistema, as principais vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens da telemedicina em relação ao sistema.

Vantagens e/ou impulsores	Desvantagens e/ou problemas
Melhor utilização e desenvolvimento de recursos	A falta de infra-estrutura
Análise científica e estatística mais flexível e rápida	Tecnologia de alto custo e implementação, mas é visto como custo-benefício
Melhoria da gestão da saúde	Requer uma mudança cultural em um setor da população
Transparência do sistema	Falta de demanda percebida
Imagem de inovação	Falta de interoperabilidade entre os autônomos
Recursos adicionais para o ensino em cursos de graduação e de pós-graduação	Financiamento específico baixo
Desenvolvimento Internacional	Diagnósticos limitados de casos de necessidades da população
Mercado de telecomunicações	Pouco claro quanto às prioridades de saúde
Desenvolvimento das TIC e medicina eletrônica	Fornecedores externos podem não priorizar com critérios iguais

Fonte: adaptado de Castillejo (2013).

2.4 SISTEMAS INTELIGENTES

Diante da globalização, revolução tecnológica, acesso rápido às informações e/ou serviços e gerenciamento eficaz, somados aos avanços da computação distribuída, da inteligência computacional e da evolução dos meios de comunicação, como a internet, as organizações começaram a exigir cada vez mais desenvolvimento de sistemas computacionais inteligentes (LEITE, 2011). Tais sistemas são capazes de romper com antigos processos, agregando valor e provendo vantagens no uso destas novas tecnologias.

A Inteligência Computacional (IC) possibilita através de técnicas, muitas vezes inspiradas na natureza, o desenvolvimento de Sistemas Inteligentes (SI) que imitem aspectos do comportamento humano, tais como: aprendizado, percepção, raciocínio, evolução e adaptação. Alguns exemplos de técnicas de IC são: Redes Neurais Artificiais, técnica inspirada em neurônios biológicos; Computação Evolucionária, inspirada em evolução biológica; lógica *fuzzy*, inspirada em processamento linguístico; e Sistemas Especialistas, inspirada em processo de inferência (ENGELBRECHT, 2007).

De acordo com Sizilio (2012), os sistemas computacionais derivados dessas técnicas ditas inteligentes são tipicamente sistemas de: apoio à decisão, classificação, planejamento, modelagem, reconhecimento de padrões, otimização, previsão, controle e automação industrial, mineração de dados e de síntese de sistemas.

Os SI são bastante úteis e importantes, uma vez que possibilitam utilizar o conhecimento para desempenhar tarefas ou para a resolução de problemas, além de apresentarem a capacidade de realizar associações e inferência para trabalhar com problemas complexos que se assemelham a problemas reais (REZENDE, 2003). Isso faz com que esses sistemas encontrem uma vasta aplicabilidade nos mais diversos setores, como de Energia, Comércio, Finanças, Indústria, Meio Ambiente, Medicina e Engenharias em geral (KABURLASOS; KABURLASOS; RITTER, 2007).

Os SI apresentam alguns pontos-chave que são importantes a destacar, tais como: habilidades para armazenar, recuperar, adaptar e modificar seu contexto para desempenhar tarefas ou resolver problemas de forma inteligente; e a capacidade para aproveitar associações e inferências para atuar em problemas complexos que se assemelham a problemas reais. Para ser considerado inteligente, um sistema computacional deve apresentar algumas características em sua arquitetura, como:

- possuir pelo menos um subconjunto dessas habilidades;
- ter ciência como elas modelam tarefas específicas.

Para que um sistema seja capaz de auxiliar na tomada de decisão é necessário que o sistema informatizado seja capaz de identificar padrões e trabalhar essas informações. Para tanto, é necessário fazer a coleta de dados, realizar o pré-processamento, representar os dados e, por último, tomar decisões com base nas informações extraídas. Assim, é necessário a escolha de técnica ou conjunto de técnicas (LEITE, 2011) que melhor desempenhará estas funções. Para efeito desta dissertação de mestrado, serão apresentados os sistemas especialistas baseados em regras e a lógica *fuzzy*.

2.4.1 Técnicas de Inteligência Computacional

Os SI são desenvolvidos utilizando algumas técnicas que podem ser aplicadas isoladamente ou em conjunto. As principais técnicas de inteligência computacional e metodologias utilizadas por SI são: aquisição de conhecimento; redes neurais artificiais; lógica *fuzzy*; computação evolutiva; entre outros (HANSON; MARSHALL, 2001).

Existem três subáreas (aprendizado supervisionado, evolucionário e híbrido) que formam o núcleo da tecnologia de sistemas inteligentes aplicada, embora muitos outros conceitos sejam interessantes a SI, como: a aprendizagem não supervisionada, aprendizagem por reforço, aprendizagem simbólica, e as ciências da cognição (SHAVLIK; DEITTERICH, 1991) que ainda estão sendo investigadas.

A Figura 2 apresenta o relacionamento entre as três subáreas e seus núcleos. Ambas surgiram em torno da mesma época (do início do aprendizado supervisionado)

como: o perceptron (ROSENBLATT, 1958); a lógica *fuzzy* (ZADEH, 1965; ZADEH, 1973; LIN; YAO; ZADEH, 2002); e algoritmos genéticos (BARRICELLI, 1954; FRASER, 1957).

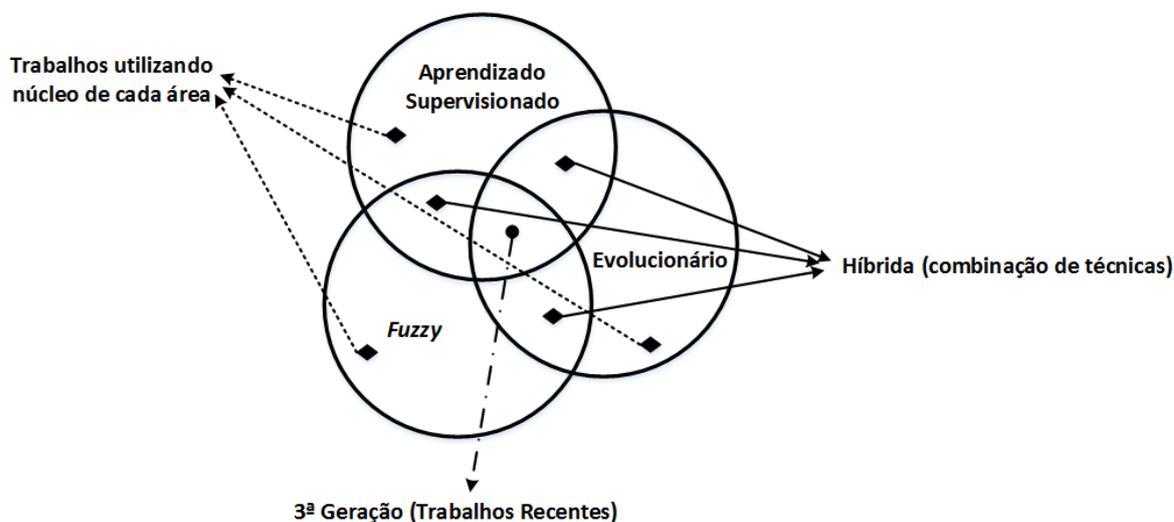


Figura 2 – Os principais paradigmas da inteligência computacional e da pesquisa de investigação em curso.

Fonte: Leite (2011).

2.4.1.1 Sistema Especialista Baseado em Regras

Grande parte das aplicações de relevância prática em Inteligência Artificial (IA) está baseada na concepção de modelos computacionais do conhecimento empregado por um especialista humano, dentre as quais, destacam-se os sistemas especialistas baseados em regras.

Um Sistema Especialista (SE) é um sistema computacional que emula a estratégia de resolução de problemas de um especialista humano, ou seja, utiliza o conhecimento especialista humano para resolver problemas do mundo real, que normalmente exigiriam inteligência humana. Apesar de que um SE não pode chegar a possuir a capacidade cognitiva de um especialista humano, na ausência deste constitui-se em uma ferramenta importante de resolução de problemas. Tais sistemas encontram utilidade em uma vasta gama de aplicações, dentre elas:

- em situações em que a base de conhecimento pode ser bem caracterizada por um especialista humano, mas não pode ser facilmente transmitida a outros seres humanos;

- em situações em que devem ser tomadas ações repetitivas e em que erros humanos devem ser evitados;
- em tarefas como contabilidade, diagnóstico, controle de processos, operações financeiras e gerenciamento de recursos ou atividades produtivas.

Um dos primeiros usos dos sistemas computacionais baseados em regras foi o trabalho de Newell (1972), em que as regras de produção foram usadas para modelar resolução de problemas de comportamento humano.

Um sistema baseado em regras típico consiste, em geral, de três principais componentes. Estes elementos são apresentados na Figura 3 e são descritos a seguir:

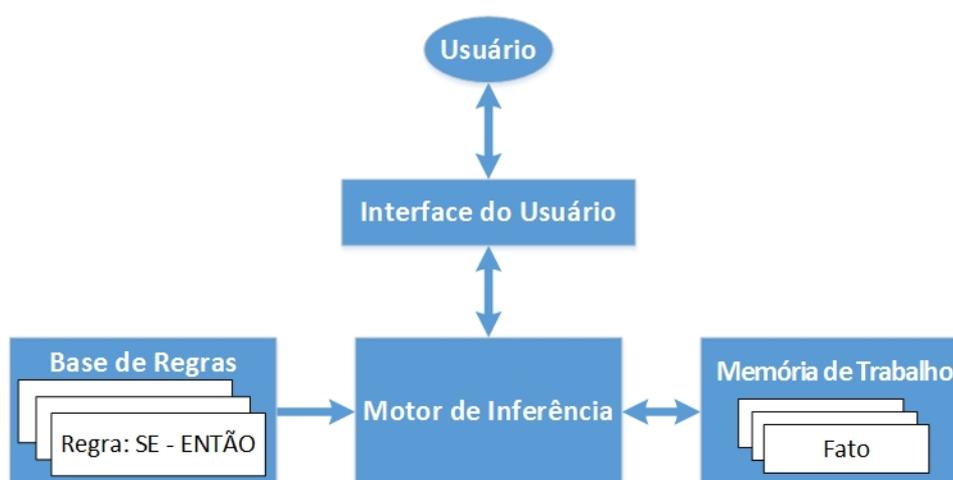


Figura 3 – Estrutura básica de um sistema especialista baseado em regras.

1. **Base de Regras:** a base de regras (também chamada de base de conhecimento) é o conjunto de regras que representa o conhecimento sobre o domínio e é utilizada pela máquina de inferência para processar os dados de entrada. A forma geral de uma regra é:

$$\text{SE} < \textit{antecedente} > \text{ENTÃO} < \textit{consequente} >$$

Tais regras são interpretadas no sentido de que, se os antecedentes da regra são avaliados como verdade (ou seja, se a combinação booleana das condições é verdade), as ações nas consequentes são executadas. Cada antecedente de uma regra normalmente verifica se a instância do problema particular satisfaz alguma condição. Por exemplo, um antecedente em uma regra em um sistema especialista médico poderia ser: “o paciente já havia passado por uma cirurgia cardíaca?”.

A complexidade dos antecedentes pode variar muito, dependendo do tipo de linguagem utilizado. Por exemplo, em algumas línguas, pode-se ter antecedentes tais como: “a idade da pessoa é entre 10 e 30?”. Os consequentes de uma regra normalmente alteram a memória de trabalho, de modo a incorporar as informações

obtidas pela aplicação da regra. Isto poderia significar a adição, modificação ou até mesmo exclusão de elementos na memória de trabalho. Eles também poderiam incluir ações como ler a entrada de um usuário, mensagens de impressão, acesso a arquivos, etc;

2. **Memória de trabalho:** representa o conjunto de fatos conhecidos sobre o domínio em questão. Os elementos refletem o estado atual do mundo e, normalmente, contêm informações sobre o caso particular do problema a ser abordado. Por exemplo, em um sistema médico especialista, memória de trabalho poderia conter os detalhes de um paciente particular a ser diagnosticado. A memória de trabalho é a forma de armazenamento em um sistema baseado em regras e ajuda ao sistema a centrar a sua resolução de problemas;
3. **Motor de inferência:** busca derivar novas informações sobre um determinado problema a partir das regras na base de regras e do conhecimento específico da situação na memória de trabalho. Tendo a premissa de que as bases de conhecimento são padronizadas e que os mecanismos de inferência sigam um padrão de busca, o mecanismo de inferência irá encontrar a melhor solução dentre um conjunto racional pré-determinado na base de conhecimento, chegando à resposta mais próxima do ideal esperado pelo usuário.
4. **Interface do usuário:** é talvez o elemento em que os desenvolvedores de sistemas especialistas dedicam mais tempo projetando e implementando. Pode assumir formas variadas, dependendo de como foi implementado o sistema especialista. Em todo caso, a interface com o usuário é responsável por tornar o uso do sistema fácil e agradável, eliminando-se as complexidades. É necessário também que a interface com o usuário seja bastante flexível, de modo que a interação entre o usuário e o sistema especialista conduza a um processo de navegação eficiente na base de conhecimento, durante o processamento das heurísticas (MENDES, 1997).

Na literatura existem inúmeros trabalhos de sistemas especialistas (FEIGENBAUM; BUCHANAN, 1993; SHORTLIFFE, 1976; JADHAV; SATTIKAR, 2014; MYERS, 1987), a seguir, são listados alguns exemplos bastante relevantes:

- **DENDRAL:** é considerado o primeiro sistema especialista, por causa do seu modo automático de tomar decisões e resolver problemas relativos à química orgânica. Foi inteiramente escrito em Lisp. DENDRAL é um sistema especialista que começou a ser desenvolvido em 1965, na Universidade de Stanford, sendo um projeto pioneiro em inteligência artificial. O objetivo do projeto foi desenvolver soluções capazes de encontrar as estruturas moleculares orgânicas a partir da espectrometria de massa das ligações químicas presentes em uma molécula desconhecida (FEIGENBAUM; BUCHANAN, 1993).

- **MYCIN**: surgiu no laboratório que havia criado anteriormente o sistema especialista DENDRAL, mas enfatizava a utilização de regras de julgamento em que havia elementos de incerteza (conhecidas como fatores de segurança) que lhes eram associados. Foi escrito em LISP, no início dos anos 70, para identificar bactérias causadoras de infecções graves, tais como, bacteriemia e meningite, e para recomendar antibióticos com a dose ajustada para o peso corporal do paciente. O nome derivou dos mesmos antibióticos, uma vez que muitos antibióticos continham o sufixo “mycin”. O sistema MYCIN também foi utilizado para o diagnóstico de doenças da coagulação sanguínea, sendo composto por aproximadamente 450 regras (SHORTLIFFE, 1976).
- **PROSPECTOR**: é um sistema especialista desenvolvido para ser utilizado em exploração mineral, foi desenvolvido pelo *Stanford Research Institute*. Nove especialistas (geólogos) contribuíram para produzir a sua base de conhecimento, a qual usa uma estrutura híbrida que incorpora mais de 1000 regras;
- **INTERNIST-I**: o INTERNIST foi um dos primeiros sistemas de apoio à decisão clínica destinados a apoiar diagnóstico, em 1970. O INTERNIST-I é um sistema especialista baseado em regras, desenvolvido na Universidade de Pittsburgh, em 1974, para o diagnóstico de problemas de diagnósticos complexos em geral da medicina. Ele usa observações de pacientes para deduzir uma lista de compatível estado de doença (com base em uma árvore-estruturada no banco de dados que relaciona as doenças com sintomas). No início dos anos 1980, reconheceu-se que o produto mais valioso do sistema era sua base de conhecimento médico. Esta foi usada como base para sistemas sucessores incluindo CADUCEUS e Referência Médica Rápida (RMR³) (MYERS, 1987).

2.4.1.2 Lógica Fuzzy

De acordo com Lima (2012), a primeira ocorrência da expressão “lógica fuzzy” para ser utilizada com base na teoria de conjuntos *fuzzy* foi usada em (ZADEH, 1965). Nesse artigo, foi demonstrado matematicamente o tratamento dos aspectos imprecisos e ambíguos apresentados na lei da contradição. Esta lei, proposta por Jan Lukasiewicz (LUKASIEWICZ, 1920), em 1930, preconiza que uma determinada afirmação pode ser verdadeira e falsa ao mesmo tempo (D’OTTAVIANO; FEITOSA, 2003). Isso se torna possível desde que não apresentem apenas dois níveis (verdadeiro e falso), mas um grau de verdade, o que acarreta a existência de vários níveis (CAMPOS FILHO, 2004).

³ Também conhecida como *Quick Medical Reference* (QMR).

Essa é a ideia da lógica *fuzzy*, a não restrição entre apenas dois valores afirmada na lógica clássica ou lógica booleana, verdadeiro e falso, preto e branco, mas, por exemplo, vários tons de cinza que indicam a ideia de conjuntos com graus de pertinência.

Segundo Cox (1994), o que diferencia a lógica *fuzzy* da lógica booleana é a capacidade desta de se aproximar do mundo real no qual não existe somente respostas extremas. A lógica *fuzzy* dá espaço ao meio termo apresentando ainda a possibilidade de mensurar o grau de aproximação da solução exata e assim inferir algo que seja necessário.

A lógica *fuzzy* trata de um raciocínio que busca classificar em números uma determinada realidade ou situação que trabalha com muitas variáveis incertas e vagas, a fim de facilitar o trabalho e a manipulação dos computadores.

Assim, a lógica *fuzzy* busca uma generalização da lógica clássica, flexibilizando-a entre $[0, 1]$ de modo que a implementação de um projeto de sistema *fuzzy* possa ser reduzida a um ponto em que problemas anteriormente intratáveis passam a ter possíveis soluções.

Tal característica de lidar com a imprecisão e a ambiguidade da linguagem natural fez com que a lógica *fuzzy* se tornasse alvo de pesquisas em diversas áreas, por exemplo, controle de sistemas e inteligência artificial (BOTELHO, 2012).

A lógica *fuzzy* apresenta várias vantagens em relação à lógica clássica, dentre elas (PEREIRA, 2010): flexibilidade, tolerância com dados imprecisos, possibilidade de modelar as funções não lineares, possibilidade de ser construída com base na experiência de especialistas, possibilidade de ser integrada às técnicas convencionais de controle, além de ser baseada na linguagem natural, base da comunicação humana.

A lógica *fuzzy* utiliza variáveis linguísticas que possibilitam captar um determinado grau de incerteza presente nas variáveis e traduzir para um modelamento matemático. Esta possibilidade da lógica *fuzzy* é conhecida como função de pertinência.

2.4.1.2.1 Controlador Fuzzy

Quando se deseja criar um sistema de controle para um processo, necessita-se primeiro obter seu modelo matemático, utilizando técnicas como a transformada de Laplace ou a transformada Z. Para tanto, para que a modelagem possa ser mais próxima do real, cada parte do processo a ser modelado deve ser conhecida. Isso muitas vezes não é possível, pois muitas variáveis do mundo real, que influenciam direta ou indiretamente o processo, não podem ser quantificadas e outras são totalmente desconhecidas, ou mesmo a modelagem completa do sistema gera equações extremamente grandes e complexas. Um exemplo disso é a temperatura em um processo, que pode variar de

uma área para outra por causa da ausência de proteção contra o sol no local e, muitas vezes, não é considerada no modelo (SIZILIO, 2012).

Os sistemas baseados em lógica *fuzzy* podem produzir estimativas de um sistema não linear complexo sem recorrer a modelos matemáticos. Nesse escopo, a metodologia *fuzzy* é um método de estimativa de entrada e saída livre de modelos matemáticos. A lógica de tomada de decisões incorporada na estrutura de inferência da base de regras implicações *fuzzy* para simular tomada de decisão humana.

O processamento *fuzzy* é, em geral, composto de quatro etapas, são elas: estágio de *fuzzificação* (gera um conjunto *fuzzy* de entrada, a partir das entradas e seus graus de pertinência); base de regras (fornecidas por especialistas ou extraídas de dados numéricos); estágio de inferência (ativa as regras, a partir de um conjunto *fuzzy* de entrada, gerando um conjunto *fuzzy* de saída); estágio de *defuzzificação* (fornece a saída em \mathbb{R} , a partir do conjunto *fuzzy* de saída), como apresentado na Figura 4.

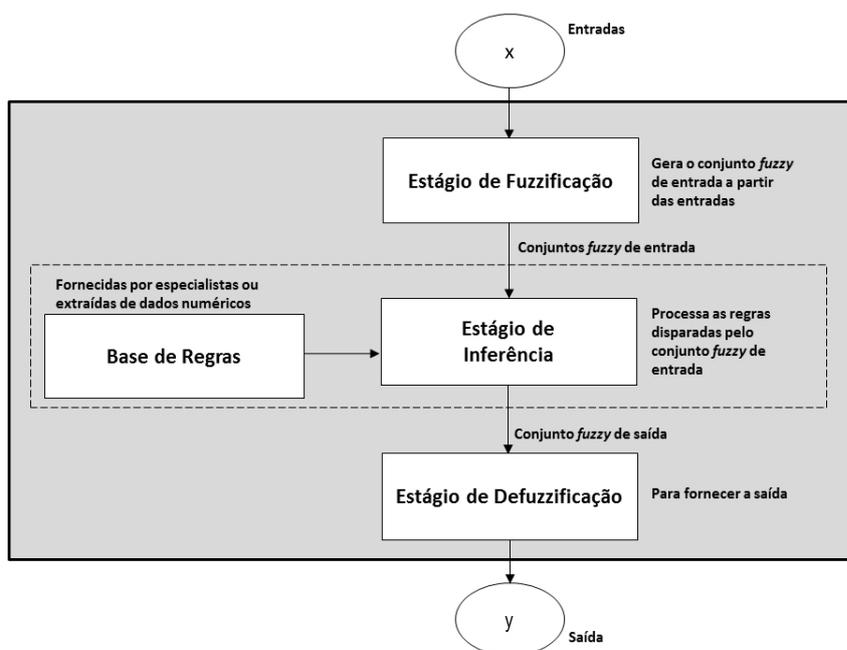


Figura 4 – Exemplo de estrutura básica de um sistema *fuzzy*.
Fonte: Sizilio (2012).

2.4.1.2.2 Estágio de Fuzzificação

Nesta primeira etapa do Sistema Lógico *fuzzy* o problema é analisado e os dados de entrada são transformados em variáveis linguísticas. Neste momento, é de fundamental importância que todos os dados de imprecisão e incerteza sejam considerados e transformados em variáveis linguísticas. Após esta transformação são determinadas também as funções de pertinência (*Membership Functions* - MF), que por sua vez, devem ser ajustadas sobre o universo de discurso de maneira a cobri-lo

completamente. Desse modo, pode-se definir *fuzzificação* como o mapeamento de dados precisos para os conjuntos *fuzzy* (de entrada) (SIZILIO, 2012).

É neste módulo que se mostra a grande importância do especialista no processo a ser analisado, 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.

As funções de pertinência dependem do conceito que se deseja representar e do problema para o qual serão utilizadas e implementadas, podendo apresentar diferentes formas. Um conjunto ou subconjunto *fuzzy* **A** de um universo **X** é um conjunto definido por uma função de pertinência μ_A representando um mapeamento:

$$\mu_A : X \rightarrow \{0, 1\}$$

onde, o valor de $\mu_A(X)$ para o conjunto *fuzzy* é chamado de valor de pertinência ou grau de pertinência de $x \in X$. O valor de pertinência representa o grau com que x faz parte do conjunto *fuzzy* **A**. Assim, um valor de $\mu_A(X)$ próximo de 1 indica um alto grau de pertinência de um elemento x em um conjunto *fuzzy* **A**. Se $\mu_A(X) = 1$, o elemento x pertence completamente ao conjunto *fuzzy* **A**. Se $\mu_A(X) = 0$, o elemento x não pertence ao conjunto **A**.

Existem várias funções de pertinência, mas de acordo com Sizilio (2012), as mais utilizadas são as de forma triangular, trapezoidal e gaussiana (sino).

Para implementação do método *fuzzy* desenvolvido neste trabalho, foi utilizado o MATLAB[®]. As funções de pertinência disponibilizadas no MATLAB[®] são denominadas Membership Functions (MF) e têm em sua nomenclatura a terminação “mf”.

No contexto do MATLAB[®], as funções de pertinência mais simples são formadas usando linhas retas. Destas, a mais simples é a função triangular (*trimf*), que é uma coleção de três pontos, formando um triângulo. A função trapezoidal (*trapmf*) tem um topo plano, sendo uma curva de triângulo truncado. Estas funções de pertinência de linha reta têm a vantagem da simplicidade. A Figura 5 apresenta as funções de pertinência de linha reta *trimf* (Subfigura 5a) e *trapmf* (Subfigura 5b).

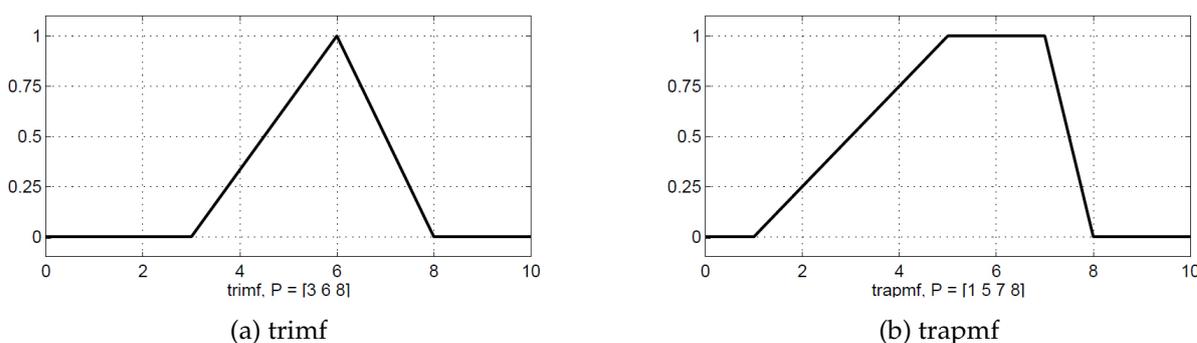


Figura 5 – Funções de pertinência de linha reta.

Fonte: (MATHWORKS, 2013).

Duas funções de pertinência são construídas sobre a curva de distribuição Gaussiana, sendo a primeira uma curva gaussiana simples (`gaussmf`) e a outra um composto de duas diferentes curvas gaussianas (`gauss2mf`) (MATHWORKS, 2013).

A função de pertinência sino generalizada (`gbellmf`) é especificada por três parâmetros, tendo um parâmetro a mais do que a função de associação Gaussiana e, assim, pode aproximar-se de um conjunto não difuso se o parâmetro livre é ajustado. Devido à sua suavidade e notação concisa, funções de pertinência gaussianas (Subfiguras 6a e 6b) e sino (Subfigura 6c) são métodos muito utilizados para especificar conjuntos *fuzzy*. Tais curvas têm a vantagem de ser suave e diferente de zero em todos os pontos (MATHWORKS, 2013).

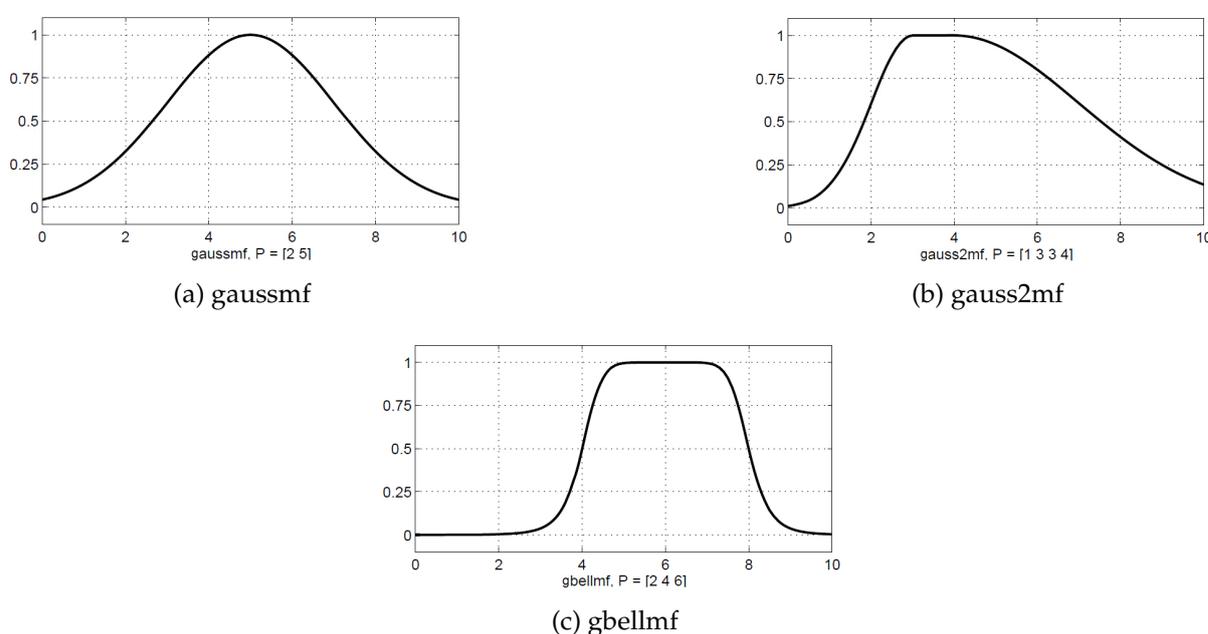


Figura 6 – Funções de pertinência Gaussianas e Sino.
Fonte: MathWorks (2013).

Vale ressaltar que embora as funções de pertinência gaussianas e sino alcancem suavidade, estas não conseguem especificar funções de pertinência assimétricas, que são importantes em certas aplicações. Uma alternativa apresentada em (MATHWORKS, 2013) é a função de pertinência sigmoidal (`sigmf`), que é aberta à esquerda ou à direita. Dessa forma, para aplicações que necessitem de funções de pertinência assimétricas e fechadas, ou seja, não aberta para a esquerda e nem para a direita, funções de pertinência podem ser sintetizadas usando duas funções sigmoidais, para além de `sigmf` básico (Subfigura 7a): a partir da diferença entre duas funções sigmoidais (`dsigmf`) (Subfigura 7b) ou do produto de duas funções sigmoidais (`psigmf`) (Subfigura 7c).

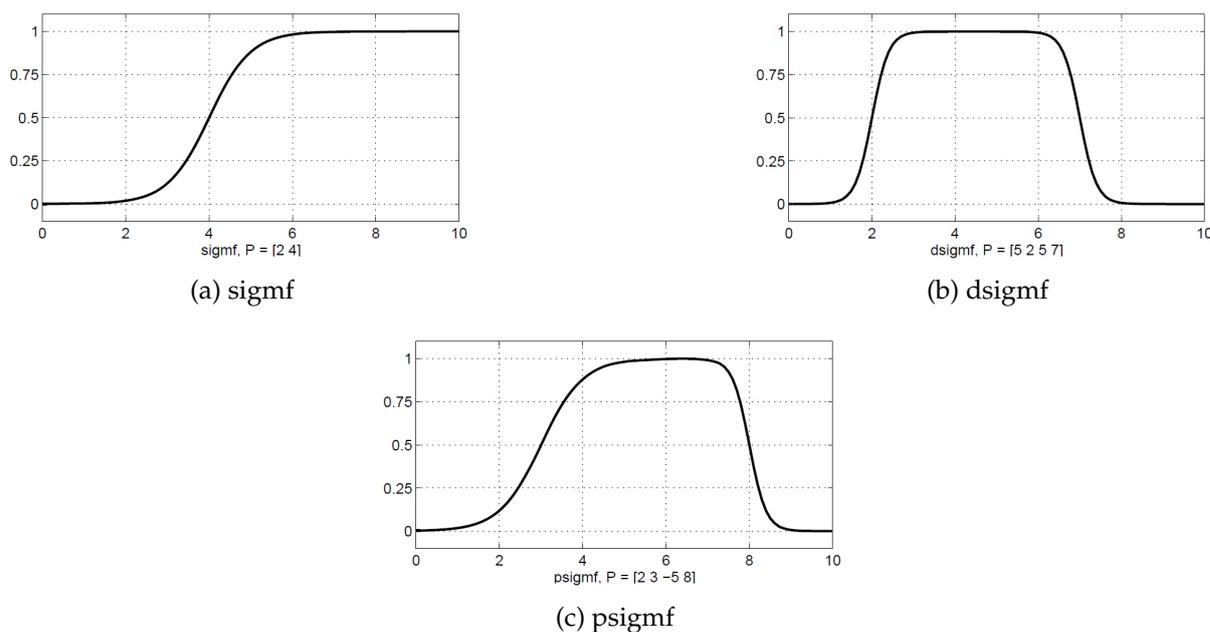


Figura 7 – Funções de pertinência sigmoidais.
 Fonte: MathWorks (2013).

Em MathWorks (2013) são encontrados ainda outras três funções de pertinência polinomiais: zmf , pimf e smf , nomeadas em decorrência de sua forma. A função zmf (Figura 8a) é a curva polinomial assimétrica aberta para a esquerda, smf (Subfigura 8b) é a função de espelho-imagem que abre à direita e pimf (Subfigura 8c) é zero em ambos os extremos com um aumento no meio.

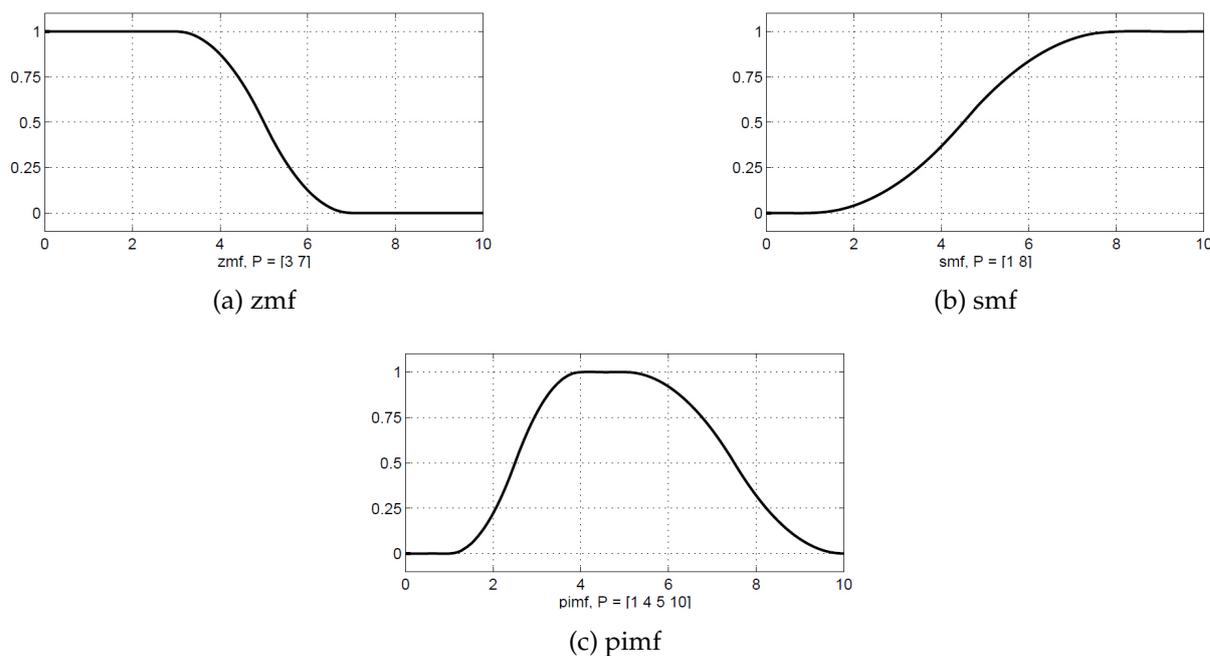


Figura 8 – Funções de Pertinência Polinomiais.
 Fonte: MathWorks (2013).

2.4.1.2.3 Base de Regras

A base de regras é utilizada na segunda fase do controlador, pois a partir dela é que podem ser realizados os cálculos referentes às entradas do controlador. Essa base de regras também é montada por meio do conhecimento do especialista que, no caso de uma aplicação médica, pode ser um médico, um enfermeiro ou qualquer outra pessoa que esteja ligada diretamente ao processo e que possua grande conhecimento teórico e empírico de seu funcionamento, buscando determinar qual ação deve ser tomada para determinada entrada, mapeando a entrada (que seria uma variável linguística) em uma saída (outra variável linguística).

Este componente, juntamente com a máquina de inferência, pode ser considerado o núcleo dos sistemas e é nele onde “se guardam” as variáveis e suas classificações linguísticas. A regra *fuzzy* é uma unidade capaz de capturar algum conhecimento específico e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades. Cada regra *fuzzy*, da mesma forma que uma afirmação clássica, é composta por uma parte antecedente e uma parte consequente, resultando em uma estrutura do tipo:

SE < antecedente > **ENTÃO** < consequente >

A quantidade de regras varia de um controlador para outro (com a quantidade de entradas e saídas), mas deve existir uma quantidade suficiente de forma que possa abranger todas as possíveis combinações das entradas e saídas, pois contrário, pode acontecer uma combinação de entradas em que o controlador não saberá exatamente o que fazer.

É importante ainda ressaltar que as regras devem ser consistentes, de modo a não conterem contradições, ou seja, uma regra mandando abrir uma válvula para um determinado conjunto de entradas e outra regra mandando fechar a mesma válvula com o mesmo conjunto de entradas.

2.4.1.2.4 Estágio de Inferência

Este é o módulo responsável por aplicar uma estrutura de raciocínio para obter uma saída *fuzzy*. É nesta fase que cada proposição *fuzzy* é traduzida matematicamente por meio das técnicas de raciocínio aproximado. Neste módulo são definidos quais os conectivos lógicos usados para estabelecer a relação *fuzzy* que modela a base de regras. É dele que depende o sucesso do sistema *fuzzy*, já que fornece a saída (controle) *fuzzy* a ser adotado pelo controlador a partir de cada entrada *fuzzy* e da relação definida pela base de regras. A Figura 9 apresenta um diagrama esquemático do estágio de inferência.

Desta forma, neste estágio, as entradas são analisadas para gerar o conjunto nebuloso de saída com seu respectivo grau de pertinência.

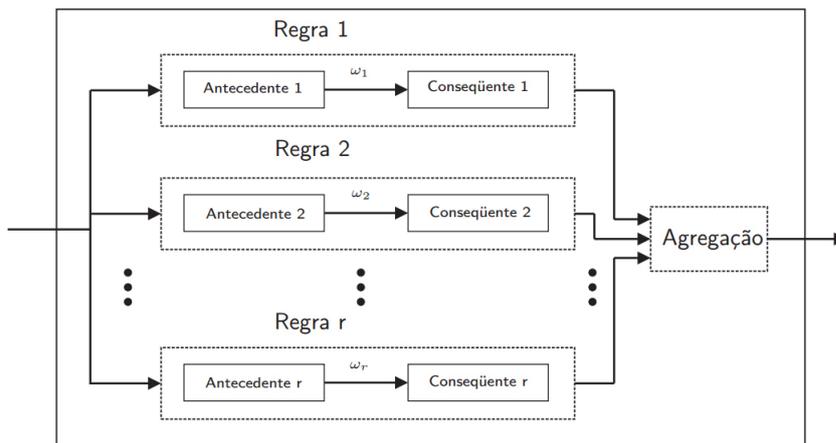


Figura 9 – Diagrama esquemático da etapa de inferência.
 Fonte: Mozelli (2008).

Neste trabalho foi utilizado o método de inferência de Mamdani (1974), no qual, uma regra SE-ENTÃO é definida pelo produto cartesiano *fuzzy* dos conjuntos *fuzzy* que compõem o antecedente (premissa) e o conseqüente da regra. Para agregação das regras, o método de Mamdani utiliza os operadores lógicos E e OU. Em cada regra, o operador lógico E é modelado pelo operador mínimo, já o operador lógico OU é modelado pelo operador máximo. A seguir, um exemplo com duas regras é apresentado.

REGRA 1: SE ($x \text{ é } A_1 \text{ e } y \text{ é } B_1$) **ENTÃO** ($z \text{ é } C_1$).

REGRA 2: SE ($x \text{ é } A_2 \text{ e } y \text{ é } B_2$) **ENTÃO** ($z \text{ é } C_2$).

Na Figura 10, é apresentado um exemplo de 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 $z \in \mathbb{R}$.

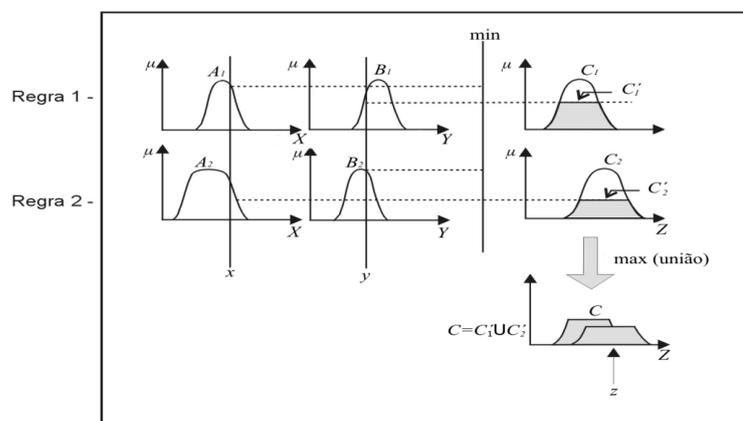


Figura 10 – Diagrama esquemático de inferência.
 Fonte: Lopes, Jafelice e Barros (2005).

2.4.1.2.5 Estágio de Defuzzificação

O estágio de *defuzzificação* é responsável por traduzir e/ou transformar a saída *fuzzy* em um valor *crisp*⁴, ou seja, valores que podem ser usados em contextos não-*fuzzy*. Em outras palavras, é responsável pela interpretação do conjunto *fuzzy* de saída, existe em sistemas como o proposto por Mamdani (1974). Ele é utilizado para gerar um valor numérico único, a partir de todos os possíveis valores contidos no conjunto nebuloso obtido no estágio de inferência para gerar a ação de controle. Assim, o processo de *defuzzificação* produz uma saída (um valor real), a partir do conjunto *fuzzy* de saída obtido pelo sistema de inferência. O objetivo é obter um único número real que melhor represente os valores *fuzzy* inferidos da variável linguística de saída.

De acordo com Sizilio (2012), os métodos de *defuzzificação* mais utilizados e que obtêm bons resultados são o centro de área, o bissetor de área, o maior dos máximos, a média dos máximos e o menor dos máximos (JANTZEN, 1998; MARAJ; SHATRI; RUGOVA, 2008; PASSINO; YURKOVICH, 1997), apresentados na Figura 11 e descritos a seguir.

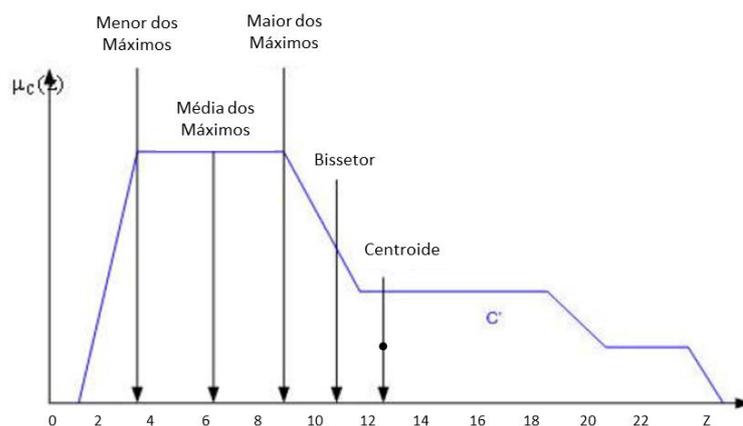


Figura 11 – Métodos de *Defuzzificação*.

Fonte: Maraj, Shatri e Rugova (2008).

- **Centro de Área:** também conhecida como Centroide (*centroid*, no MATLAB[®]), essa técnica calcula o centro da área do Conjunto de Saída (CS) gerado no estágio de inferência e determina sua projeção sobre o eixo x, que é o valor de saída de controle.
- **Bissetor:** chamado de *bisector* no MATLAB[®], nesse método o valor de saída do estágio de *defuzzificação* é a posição exata que divide o CS em duas áreas iguais;

⁴ Um conjunto *Crisp* (convencionais) é definido como um subconjunto de um universo qualquer (conjunto universo X), onde possui elementos desse universo.

- **Maior dos Máximos:** chamado `lom`⁵ no MATLAB[®], esse método realiza a média aritmética de todos os valores máximos do CS e é utilizado em substituição ao critério dos máximos quando há mais de um máximo na função;
- **Média dos Máximos:** `mom`⁶ no MATLAB[®], esse método realiza a média aritmética de todos os valores máximos do CS e é utilizado em substituição ao critério dos máximos quando há mais de um máximo na função;
- **Menor dos Máximos:** é um método alternativo ao critério dos máximos, pois neste é escolhido o menor valor máximo encontrado na varredura do conjunto CS. No MATLAB[®], é chamado `som`⁷.

⁵ *Largest Of Maximum*

⁶ *Middle Of Maximum*

⁷ *Smallest Of Maximum*

3 SISTEMA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DE NÍVEL DE RISCO DA GESTAÇÃO

Este Capítulo descreve o Sistema Inteligente para Auxílio ao Diagnóstico de Nível de Risco da Gestação, denominado, SPDR-GESTAÇÃO, objeto de estudo desta dissertação de mestrado. Assim, para melhor entendimento, ele está dividido em:

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO: apresenta as considerações iniciais e descreve o processo de obtenção da autorização para aquisição do conhecimento do especialista por meio de reuniões, a origem e o acesso aos dados e como eles foram obtidos;

3.2 SPDR-GESTAÇÃO - VISÃO GERAL: apresenta a visão geral e o funcionamento do SPDR-GESTAÇÃO;

3.3 SPDR-GESTAÇÃO - ETAPAS: caracteriza todos os componentes envolvidos no processamento e suas etapas;

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Considerando que as demandas por sistemas de informação na área médica são crescentes, bem como os benefícios apresentados por estes sistemas, observa-se a crescente necessidade de sistemas que incorporem características inteligentes para o melhor gerenciamento dos dados, propiciando maior eficácia em suas aplicações.

Tendo ciência da importância do acompanhamento e cuidados realizados à gestante durante o pré-natal e visando aplicação prática deste trabalho em cenário real, foram desenvolvidos dois módulos, denominados Preneonatal Web e Prenonatal Móvel, a serem utilizados pelos profissionais de saúde e também pelas próprias gestantes. Desse modo, o SPDR-GESTAÇÃO foi incorporado ao Preneonatal web, de modo a realizar as atividades descritas neste Capítulo, assim fornecendo ao profissional de saúde um pré-diagnóstico, ou seja, os indicadores do nível de risco da gestação e alertas, de modo a auxiliar no diagnóstico e no acompanhamento da execução dos protocolos de pré-natal como um todo.

É importante destacar que este projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e aprovado sob o parecer de número 761.232, disponível no Anexo A. A partir daí, o processo de aquisição e validação de conhecimento foi feito por meio de ampla revisão bibliográfica, do acompanhamento das consultas de pré-natal e entrevistas semanais durante 6 meses, no ambulatório da Faculdade de Ciências da Saúde (FACS) da UERN, com a equipe médica responsável pelo acompanhamento dos pré-natais.

Assim, mediante as orientações e informações coletadas com os especialistas médicos (clínicos gerais e ginecologistas), foram identificados os principais fatores de risco que podem ser apresentados pelas gestantes no decorrer da gestação e quais os principais elementos a serem considerados ao longo da gestação, de modo a possibilitar a construção da base de regras e do módulo *fuzzy* com base no conhecimento do especialista.

3.2 SPDR-GESTAÇÃO - VISÃO GERAL

No desenvolvimento do SPDR-GESTAÇÃO foram utilizados recursos da inteligência computacional visando o processamento e a classificação dos dados de entrada e geração de informações úteis (pré-diagnóstico na forma de indicadores visuais e alertas). Este foi desenvolvido por meio de um sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy*, em que: i) as regras são responsáveis por classificar os dados que não apresentam ambiguidade e/ou graus de incerteza, por exemplo: idade menor que 15 anos, batimento cardíaco fetal maior que 160, presença de movimento fetal, etc; ii) o módulo *fuzzy* é destinado a classificar as informações que apresentam nebulosidade, ou seja, um certo grau de incerteza ou ainda dados que apresentam certa imprecisão, por exemplo, é o caso da classificação da pressão arterial (PA), no qual não se pode simplesmente afirmar que, por exemplo, uma gestante de pressão arterial 140x90 está com PA alta ou se sua PA está dentro de um limite de normalidade aceitável.

Dentre as principais características e funcionalidades apresentadas pelo SPDR-GESTAÇÃO, temos: i) identificação e análise dos dados oriundos dos prontuários de acompanhamento do pré-natal (Idade da Gestante (IdG), Pressão Arterial (PA) e Batimento Cardíaco Fetal (BCF)); ii) seleção dos dados oriundos dos prontuários de acompanhamento do pré-natal a serem utilizados no processamento; iii) processamento dos dados oriundos dos prontuários de acompanhamento do pré-natal; iv) geração de alertas e persistência das informações.

Assim, o SPDR-GESTAÇÃO, consiste de: i) aquisição de dados por meio de dupla digitação dos registros contidos na Ficha Clínica de Pré-Natal, ou seja, os dados são duplamente digitados, sendo realizada uma comparação entre os mesmos visando eliminar possíveis erros humanos de digitação; ii) pré-processamento, no qual são realizadas a preparação (filtragem) e a seleção de dados; iii) processamento e classificação dos dados, em que os mesmos são processados por meio de recursos da inteligência computacional, a saber, sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy*, no intuito de realizar um pré-diagnóstico (classificação do nível de risco da gestação) para auxiliar a equipe médica; iv) pós-processamento, com geração de alertas

(se for o caso) e persistência dos dados, visando posterior acesso a essas informações pelos profissionais de saúde, auxiliando na tomada de decisão e na realização das ações pertinentes.

De modo geral, o funcionamento do SPDR-GESTAÇÃO está dividido em quatro etapas, são elas: aquisição dos dados, pré-processamento dos dados, processamento dos dados e pós-processamento dos dados, conforme apresentadas na Figura 12 e melhor detalhadas na seção a seguir.

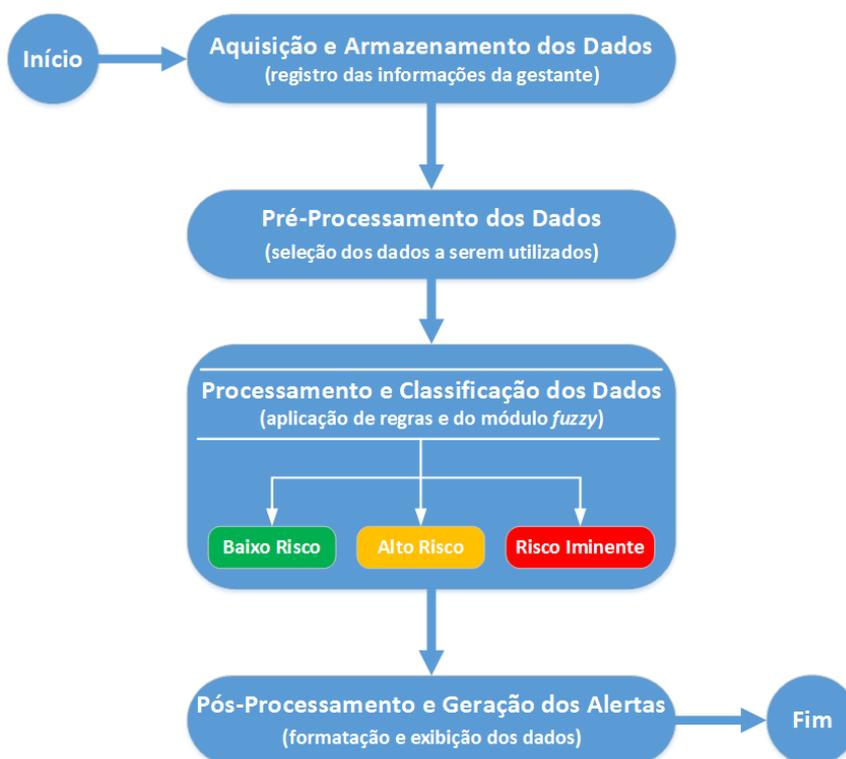


Figura 12 – Fluxograma das atividades realizadas pelo SPDR-GESTAÇÃO.

3.3 SPDR-GESTAÇÃO - ETAPAS

O desenvolvimento do SPDR-GESTAÇÃO foi realizado em cinco etapas, detalhadas nas próximas subseções, quais sejam: i) aquisição do conhecimento; ii) aquisição dos dados; iii) pré-processamento dos dados; iv) processamento dos dados; e v) pós-processamento dos dados.

3.3.1 Aquisição do Conhecimento

O processo de aquisição do conhecimento foi realizado de três formas: (i) estudo da literatura médica sobre os fatores de risco relacionados à gestação; (ii) discussões com médicos especialistas (das áreas de ginecologia e clínica geral) e enfermeiros que apoiaram tecnicamente e acompanharam o desenvolvimento deste Sistema Inteligente de Pré-Diagnóstico; e (iii) extração e análise dos dados numéricos de consultas registradas

em fichas clínicas de pré-natal de atendimentos anteriores prestados a gestantes pelo ambulatório da Faculdade de Ciências da Saúde (FACS) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

3.3.2 Aquisição dos Dados

Para a aquisição dos dados utilizou-se a dupla digitação, em um banco de dados (BD-PRENATAL), das informações das consultas contidas em Fichas Clínicas de Pré-natal (conforme o modelo no Anexo B) disponibilizadas pelo ambulatório da Faculdade de Ciências da Saúde (FACS) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), constituindo um conjunto de dados padrão ouro, ou seja, com confirmação dos diagnósticos de normalidade ou risco da gestação.

A base de dados foi gerada em 2014, contendo 98 registros de consultas de pacientes com diagnósticos conhecidos (sendo 64 consultas com gestação sem risco e 34 casos com risco), cada registro contendo dados como: idade da gestante, idade gestacional, peso, índice de massa corporal, pressão arterial e batimento cardíaco fetal.

Os prontuários foram escaneados, e posteriormente, nas dependências do Laboratório de Engenharia de Software, os dados foram digitalizados para um banco de dados MYSQL. Para manipulação dos dados (leitura e carregamento) foi utilizado o MATLAB[®] (MATHWORKS, 2013).

3.3.3 Pré-Processamento dos Dados

Mediante pré-análise realizada juntamente com especialistas médicos (ginecologistas e clínicos gerais) e enfermeiros, foi realizada a seleção dos dados a serem utilizados.

Foram selecionados os dados mais relevantes em relação ao pré-natal (ou seja, os dados que melhor representam o estado de saúde da gestante e/ou que exercem maior influência sobre este no decorrer do pré-natal), quais sejam: pressão arterial, batimento cardíaco fetal e idade da gestante.

Foi identificado que os dados BCF e IdG apresentavam, cada um, duas possibilidades de classificação, sendo possível serem tratados de forma direta, por meio de técnicas de classificação baseada em regras. Por outro lado, foi identificado também que a PA apresentava um certo grau de nebulosidade, sendo necessária a utilização de lógica *fuzzy* para sua classificação.

3.3.4 Processamento e Classificação dos Dados – Desenvolvimento e Implementação da Base de Regras e do Sistema Fuzzy

Nesta etapa, os dados de entrada são processados e classificados, gerando a cada consulta, o nível de risco da gestação (baixo risco, alto risco e risco iminente) e alertas.

Este processo é realizado por meio do sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy* e ocorre desde o momento do cadastro da gestante, seguindo ao longo do registro de cada consulta de pré-natal.

No momento do cadastro de uma gestante uma regra é disparada, verificando-se a IdG, classificando o nível de risco da gravidez de acordo com a IdG apresentada. Assim, caso a IdG inserida seja menor que 15 anos ou maior que 35 anos, o sistema define o rotulo da classificação do nível de risco da gravidez como alto risco, emitindo o alerta. Este procedimento é ilustrado no algoritmo 1.

Algoritmo 1 Avaliação do nível de risco da gestação com base na idade da gestante.

```

procedimento CLASSIFICAR(IdG)
  se IdG <15 ou IdG>35 então
    Classificar gravidez como gravidez de alto risco;
    Gerar alerta sobre gravidez de alto risco;
  fim se
  retorna Classificação do nível de risco da gravidez e alertas;
fim procedimento

```

Durante o registro das informações das consultas de pré-natal, o sistema verifica os dados dos BCFs e da PA. No primeiro caso, os dados dos BCFs, por não apresentarem ambiguidade, são classificados por meio de regra, que classifica a gestação como de risco iminente caso o valor dos BCFs seja menor que 120 ou maior que 160. Caso o valor de BCFs esteja dentro deste intervalo, o sistema verifica a IdG de acordo com o procedimento realizado pelo Algoritmo 1, classificando a gestação como sendo de alto risco, caso a IdG esteja fora do limite (menor do que 15 anos e maior do que 30) ou como baixo risco caso, contrário, emitindo o alerta, conforme apresentado no algoritmo 2.

Algoritmo 2 Avaliação e classificação do risco da gravidez com base nos BCFs.

```

procedimento CLASSIFICAR(BCF, IdG)
  se BCF<120 ou BCF>160 então
    Classificar gravidez como gravidez de risco iminente;
    Gerar alerta sobre gravidez de risco iminente;
  senão
    se IdG<15 ou IdG>35 então
      Classificar gravidez como gravidez de alto risco;
      Gerar alerta sobre gravidez de alto risco;
    senão
      Classificar gravidez como gravidez de baixo risco;
      Gerar alerta sobre gravidez de baixo risco;
    fim se
  fim se
  retorna Classificação do nível de risco da gravidez e alerta;
fim procedimento

```

Para classificar os dados da PA é utilizada a lógica *fuzzy*, uma vez que estes dados apresentam ambiguidade em relação a sua classificação. Assim, os dados da PA são submetidos ao sistema *fuzzy* para classificação da PA (denominado PA-*fuzzy*), que classifica os dados e retorna um valor numérico no intervalo [0-1], representando o pré-diagnóstico do PA-*fuzzy* (PD-*Fuzzy*), em que: PD-*Fuzzy* $\leq 0,15$ indica PA baixa, PD-*Fuzzy* $\geq 0,451$ e $\leq 0,75$ indica PA alta e PD-*Fuzzy* $\geq 0,751$ indica uma PA fora do padrão (casos onde a PA sistólica é baixa e a PA diastólica é alta ou vice-versa). Após isso, o PD-*Fuzzy* é classificado por meio de regras de modo a obter-se o estado da PA (baixa, alta, fora do padrão), este processo é apresentado no Algoritmo 3. Embora somente por meio dos dados da PA não seja possível determinar o nível de risco da gestação, estes dados representam informações importantes e úteis para os profissionais de saúde responsáveis pelo acompanhamento do pré-natal, sendo imprescindível o envio de alertas relativos às anormalidades encontradas.

Algoritmo 3 Avaliação do estado da pressão arterial.

```
procedimento CLASSIFICAR(PD-Fuzzy)
  se PD-Fuzzy <> "null" então
    se PD-Fuzzy  $\leq 0,15$  então
      Gerar alerta sobre pressão arterial baixa;
    senão
      se PD-Fuzzy  $\geq 0,451$  e PD-Fuzzy  $\leq 0,75$  então
        Gerar alerta sobre pressão arterial alta;
      senão
        se PD-Fuzzy  $\geq 0,751$  então
          Gerar alerta sobre pressão arterial fora do padrão;
        fim se
      fim se
    fim se
  retorna Alerta sobre o estado da pressão arterial em caso de anormalidade;
fim procedimento
```

É importante ressaltar que todo o processo de elaboração da base de regras, bem como do sistema *fuzzy* foi realizado com base nas informações dos protocolos de assistência pré-natal (MS, 2000; FILHO *et al.*, 2006; MS, 2009; AMED *et al.*, 2010; OPAS, 2012) sob a supervisão e acompanhamento dos profissionais de saúde (clínicos gerais e genecologista).

A definição do PA-*fuzzy* e suas etapas (estágio de *fuzzificação*, base de regras, estágio de inferência e estágio de *defuzzificação*), são apresentadas, a seguir, e instanciadas por meio do sistema implementado.

1. **Definição:** o PA-*fuzzy* realiza a análise das condições da pressão arterial, considerando os parâmetros de normalidade e a base de regras fuzzy definida, sendo

realizadas inferências no conjunto de entrada da pressão arterial sistólica (PAS) e da pressão arterial diastólica (PAD), gerando pré-diagnóstico normal ou anormal, visando auxiliar o diagnóstico do nível de risco da gestação realizado pelo médico;

2. **Estágio de Fuzzificação:** neste estágio foram definidas as variáveis de entrada, identificando a qual ou quais conjuntos fuzzy elas pertencem, atribuindo o respectivo grau de cada pertinência. Os conjuntos *fuzzy*, representados pelas funções de pertinência, foram ajustados sobre o universo de discurso de forma a melhorar os resultados alcançados. Assim, iniciando a criação do sistema *fuzzy*, foi necessário elaborar os conjuntos fuzzy (funções de pertinência) utilizados tanto no estágio de *fuzzificação* quanto no estágio de *defuzzificação*. As entradas do PA-*fuzzy* são os descritores PAS e PAD, que foram definidos por meio das funções de pertinência, a seguir.

a) Função de Pertinência da Pressão Arterial Sistólica (PAS): considerando o domínio de [50 - 200], esta função de pertinência é composta por "PAS Baixa", "PAS Normal" e "PAS Alta", pelos termos linguísticos $Baixa_{PAS}$, $Normal_{PAS}$ e $Alta_{PAS}$, respectivamente, representando as faixas conforme conjunto nebuloso apresentado, a seguir, e ilustrado na Figura 13.

Conjunto nebuloso da PAS:

$PAS\ Baixa\ (Baixa_{PAS}) \leq 101 \rightarrow Baixa_{PAS} = \{(50;0),(60;1),(90;1),(101;0)\};$
 $PAS\ Normal\ (Normal_{PAS}) \geq 99 \leq 141 \rightarrow Normal_{PAS} = \{(99;0),(120;1),(141;0)\};$
 $PAS\ Alta\ (Alta_{PAS}) \geq 139 \rightarrow Alta_{PAS} = \{(139;0),(159;1),(182;1),(200;0)\};$

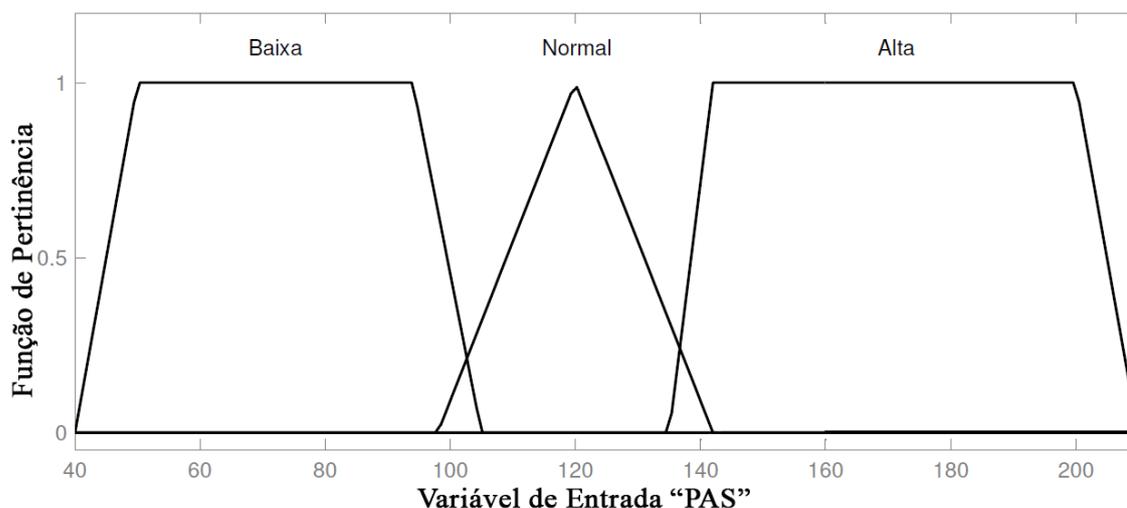


Figura 13 – Função de pertinência da PAS

Conforme os nomes sugerem, PAS Baixa (função trapezoidal $Baixa_{PAS}$) é indicativo

de PAS baixa, PAS Normal (função triangular $Normal_{PAS}$) é indicativo de PAS normal e PAS Alta (função trapezoidal $Alta_{PAS}$) é indicativo de PAS alta.

a) Função de Pertinência da Pressão Arterial Diastólica (PAD): considerando o domínio de [10 - 180], esta função de pertinência é composta por "PAD Baixa", "PAD Normal" e "PAD Alta", pelos termos linguísticos $Baixa_{PAD}$, $Normal_{PAD}$ e $Alta_{PAD}$, respectivamente, representando as faixas conforme conjunto nebuloso apresentado, a seguir, e ilustrado na Figura 14.

Conjunto nebuloso da PAD:

$$\begin{aligned}
 &PAD \text{ Baixa } (Baixa_{PAD}) \leq 61 \rightarrow Baixa_{PAD} = \{(10;0),(15;1),(51;1),(61;0)\}; \\
 &PAD \text{ Normal } (Normal_{PAD}) \geq 59 \leq 91 \rightarrow Normal_{PAD} = \{(59;0),(75;1),(91;0)\}; \\
 &PAD \text{ Alta } (Alta_{PAD}) \geq 139 \rightarrow Alta_{PAD} = \{(89;0),(99;1),(175;1),(180;0)\};
 \end{aligned}$$

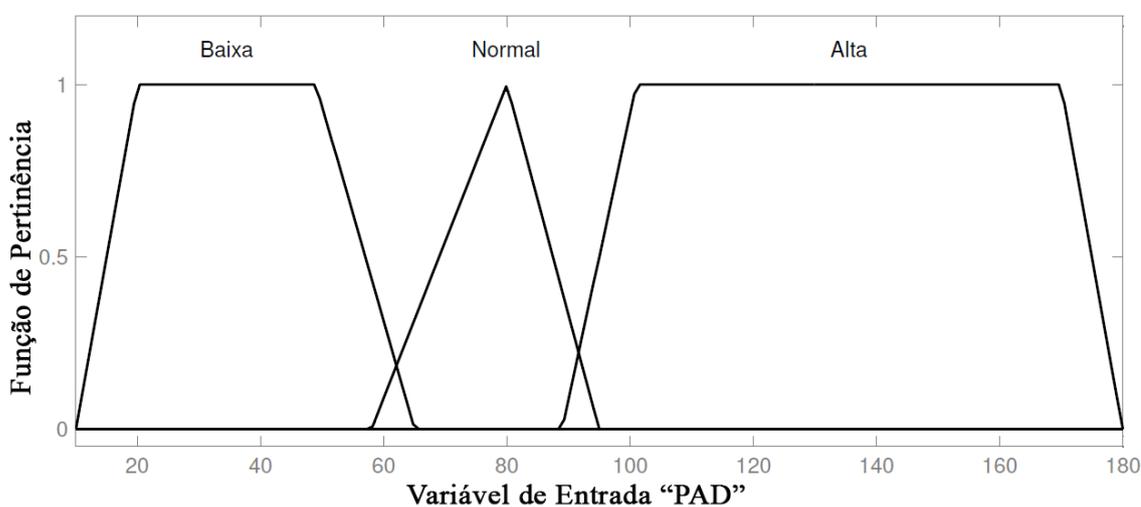


Figura 14 – Função de pertinência da PAD.

Conforme os nomes sugerem, PAD Baixa (função trapezoidal $Baixa_{PAD}$) é indicativo de PAD baixa, PAD Normal (função triangular $Normal_{PAD}$) é indicativo de PAD normal e PAD Alta (função trapezoidal $Alta_{PAD}$) é indicativo de PAD alta.

As funções de pertinência foram construídas pelo método direto, tendo sido confirmadas com os médicos especialistas os parâmetros extraídos da BD, abrangendo todos os dados das funções de pertinência (valores que representam cada função e o grau de pertinência, dentro da função, de cada um deles) de forma a defini-las explicitamente. Existem várias funções de pertinência que podem ser utilizadas neste estágio de *fuzzificação*. Todas as funções disponíveis no MATLAB foram aplicadas (ensaios e testes) no sistema *fuzzy* em questão, ressaltando-se que a função trapezoidal no diagnóstico anormal associada à função triangular no diagnóstico normal foi a solução que apresentou os melhores resultados no PA-*fuzzy*, por melhor representar as funções de acordo com o contexto.

3. **Definição da Base de Regras Nebulosas:** a base de regras foi criada com a seguinte estrutura: **Se** <premissas> **Então** <consequente>. Para a definição de regras do PA-fuzzy em questão, padronizou-se a seguinte estrutura:

- R: $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\} \rightarrow$ Conjunto de regras;
- PA: $\{PA_1, PA_2, PA_3, \dots, PA_n\} \rightarrow$ Conjunto de pressões arteriais (representando o conjunto de entradas);
- P: $\{B, N, A, I\} \rightarrow$ Parametrização da situação do descritor (Baixa, Normal, Alta e Indef);
- C: $\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\} \rightarrow$ Conjunto de possibilidades de classificação;

Assim, as regras foram definidas no seguinte formato:

$\langle (R_1, R_2, R_3, \dots, R_n) \rangle : \mathbf{Se} \langle (PA_1, PA_2, PA_3, \dots, PA_n) \rangle \langle \{B, N, A\} \rangle \text{ E/OU } \langle (PA_1, PA_2, PA_3, \dots, PA_n) \rangle \langle \{B, N, A\} \rangle \text{ E/OU... } \mathbf{Então} \langle C_1, C_2, C_3, \dots, C_n \rangle$

Foram definidas 9 (nove) regras para o PA-fuzzy, objeto deste estudo, utilizando 2 (dois) descritores <premissas> e com 4 (quatro) possibilidades de pré-diagnóstico <resultados>. Apresenta-se a seguir as regras:

- **Regra 1:** Se PAS baixa e PAD baixa **então** diagnóstico baixa;
- **Regra 2:** Se PAS baixa e PAD normal **então** diagnóstico baixa;
- **Regra 3:** Se PAS baixa e PAD alta **então** diagnóstico indef;
- **Regra 4:** Se PAS normal e PAD baixa **então** diagnóstico baixa;
- **Regra 5:** Se PAS normal e PAD normal **então** diagnóstico normal;
- **Regra 6:** Se PAS normal e PAD alta **então** diagnóstico alta;
- **Regra 7:** Se PAS alta e PAD baixa **então** diagnóstico indef;
- **Regra 8:** Se PAS alta e PAD normal **então** diagnóstico alta;
- **Regra 9:** Se PAS alta e PAD alta **então** diagnóstico alta;

As regras definidas abrangem todas as possíveis combinações das entradas e saídas do problema proposto e a consistência das regras foi analisada visando evitar contradições. A base de regras foi desenvolvida a partir da análise dos dados numéricos e de várias reuniões e discussões com os médicos especialistas.

4. **Estágio de Inferência:** neste estágio, as entradas foram analisadas para gerar o conjunto nebuloso de saída com seu respectivo grau de compatibilidade. No PA-Fuzzy, utilizou-se o modelo fuzzy proposto por Mamdani (1974), no qual a função de ativação de cada regra é ativada e o sistema de inferência determina o grau de compatibilidade da premissa das regras contidas na base de regras.

Após isso, determina quais regras são ativadas e as aplica à função de pertinência de saída, restando unir todos os conjuntos nebulosos de saída ativados (e seus respectivos graus de compatibilidade) em um único Conjunto de Saída. Esse CS representa todos os resultados (diagnósticos) que são aceitáveis para o conjunto de entrada, cada um com seu nível de compatibilidade. Também foi avaliado, neste estágio, cada caso para todas as regras nebulosas e a combinação das informações foi realizada a partir das regras já definidas na Base de Regras Nebulosas.

5. **Estágio de Defuzzificação:** este estágio foi utilizado para gerar um valor numérico único, a partir de todos os possíveis valores contidos no conjunto de saída obtido no estágio de inferência, para gerar o diagnóstico. Como diagnóstico consequente das relações e variabilidade dos descritores PAS e PAD, adotou-se para *defuzzificação* o método centroide (que apresentou os melhores resultados) e o domínio [0 - 1].

Na *Defuzzificação*, a Função de Decisão do Pré-Diagnóstico (PD) é composta por “PA baixa”, “PA normal”, “PA alta” e “PA indefinida”, pelos termos linguísticos $Baixa_{PA}$, $Normal_{PA}$, $Alta_{PA}$ e $Indef_{PA}$, respectivamente, representando as faixas $[\leq 0,15; \geq 0,151 \leq 0,45; \geq 0,451 \leq 0,75; e \geq 0,751]$, conforme conjunto de saída, a seguir apresentado e ilustrado na Figura 15.

Conjunto de Saída (CS):

PA Baixa ($Baixa_{PA}$) $\leq 0,15 \rightarrow Baixa_{PA} = \{(0;0),(0,075;1),(0,15;0)\}$;
 PA Normal ($Normal_{PA}$) $\geq 59 \leq 91 \rightarrow Normal_{PA} = \{(0,151;0),(0,3;1),(0,45;0)\}$;
 PA Alta ($Alta_{PA}$) $\geq 139 \rightarrow Alta_{PA} = \{(0,451;0),(0,6;1),(0,75;0)\}$;
 PA Indefinida ($Alta_{PA}$) $\geq 139 \rightarrow Alta_{PA} = \{(0,751;0),(0,875;1),(1;0)\}$;

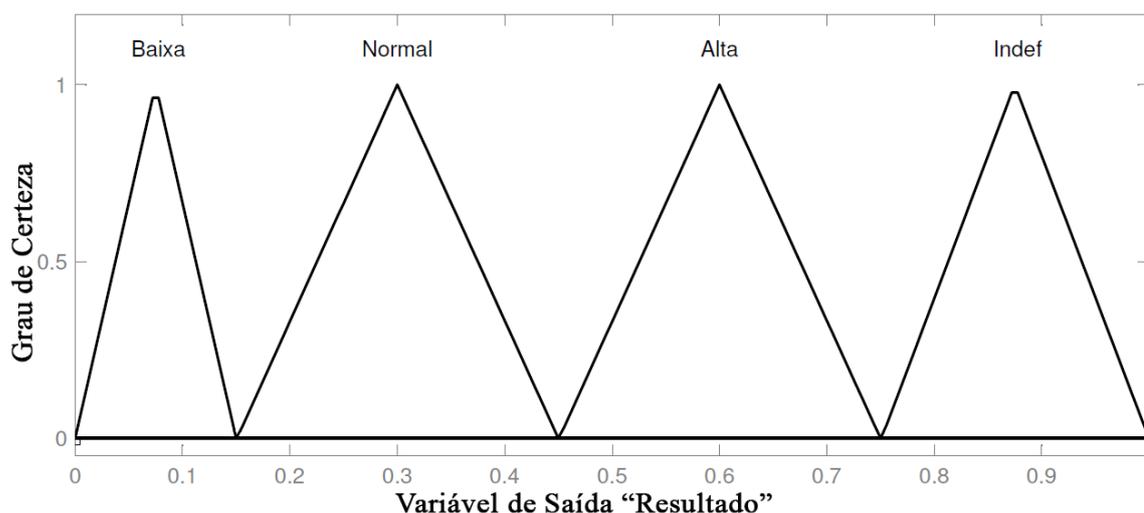


Figura 15 – Funções de Defuzzificação.

Existem vários métodos que podem ser utilizadas neste estágio de *defuzzificação*, conforme apresentado no Capítulo 2. No PA-fuzzy foi utilizado o método Cen-

troide (centroid) para a *defuzzificação*, por ter apresentado os resultados mais satisfatórios.

3.3.5 Pós-processamento e Geração de Alertas

O pós-processamento é responsável por armazenar os resultados (pré-diagnósticos), gerar os alertas e apresentá-los aos usuários. Para isso, no SPDR-GESTAÇÃO, o resultado, na forma de pré-diagnóstico, é armazenado no servidor, gerando o alerta de acordo com o resultado obtido, que é armazenado no BD e disponibilizado em tela. Por meio do PRENEONATAL Móvel ou do PRENEONATAL Web (no ambiente de alertas), tanto os profissionais de saúde quanto as gestantes têm acesso (nos seus respectivos ambientes) aos alertas gerados.

4 PRENEONATAL

Este Capítulo descreve a plataforma inteligente de telemedicina para o suporte e acompanhamento dos profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal, denominada de Preneonatal. Esta plataforma foi desenvolvida visando a integração com o SPDR-GESTAÇÃO, objetos de estudo deste trabalho, de modo a possibilitar a aplicação e utilização prática desta solução em cenário real, pelos profissionais de saúde. A Preneonatal é composta por dois módulos, sendo eles: o Preneonatal Web e o Preneonatal Móvel. Assim, visando melhor entendimento, o Capítulo está subdividido nas seguintes seções:

4.1 PRENEONATAL - VISÃO GERAL: apresenta a visão geral do Preneonatal;

4.2 PRENEONATAL MÓVEL: apresenta o Preneonatal Móvel e suas principais características.

4.3 PRENEONATAL WEB: apresenta o Preneonatal Web, suas principais características e a classificação dos dados e geração de alertas por meio do sistema especialista baseado em regras e mediante a integração com o SPDR-GESTAÇÃO.

4.1 VISÃO GERAL

Cada vez mais com o avanço da tecnologia, principalmente com a evolução de equipamentos computacionais e dos softwares utilizados, existe atualmente uma gama de sistemas voltados a auxiliar na automatização de tarefas, auxílio na tomada de decisão, monitoramento, entre outros.

Desde sempre, a tecnologia tem apresentado grandes benefícios para humanidade e uma área que tem usufruído consideravelmente desses benefícios é a área da saúde. Muitas pesquisas e ferramentas têm sido desenvolvidas e realizadas a fim de resolver problemas nesta área.

Diante desse contexto, o Preneonatal, constitui uma importante ferramenta de auxílio nas rotinas de cuidados pré-natais, possibilitando o cadastro dos dados da gestante, bem como, os dados gerados no decorrer do acompanhamento do pré-natal, selecionando e classificando os dados inseridos, gerando pré-diagnóstico (indicadores do nível de risco da gravidez) e emitindo alertas, contribuindo, assim, com o diagnóstico e a tomada de decisão.

A Preneonatal é uma plataforma de telemedicina que tem como finalidade o suporte e auxílio aos profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal. Esta plataforma recebe como entrada, pelo profissional de saúde, os dados

relativos aos atendimentos no decorrer do acompanhamento do pré-natal. Estes dados são então processados, classificados (gerando indicadores e alertas) e armazenados em uma base de dados, estando, assim, acessíveis remotamente 24 horas.

A classificação dos dados realiza seleção dos dados de interesse, classificando-os de modo a gerar informações e alertas, pertinentes à gestação e/ou ao estado de saúde da gestante, fornecendo, via indicadores visuais e alertas, um pré-diagnóstico, de modo a auxiliar no diagnóstico. Esta etapa é realizada pelo SPDR-GESTAÇÃO.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do SPDR-GESTAÇÃO foi fundamentados na literatura médica, contando sempre com a supervisão e apoio de profissionais da saúde, conforme descrito no Capítulo 3.

Para efeitos da Preneonatal, os seguintes requisitos inerentes à arquitetura foram definidos: I) permitir, a partir do módulo móvel e/ou do módulo web, o registro dos dados relativos às consultas do acompanhamento do pré-natal; II) armazenar os dados, onde: no caso do módulo móvel o armazenamento deve ser realizado localmente com opção de envio posterior dos dados ao servidor e, no caso do módulo web, os dados devem ser armazenados diretamente no servidor; III) realizar processamento e classificação dos dados, de modo a sugerir o nível de risco da gestação e a geração de alertas; IV) disponibilizar as informações para os usuários (profissionais de saúde e gestantes). A Figura 16 apresenta a visão geral da plataforma proposta e desenvolvida.

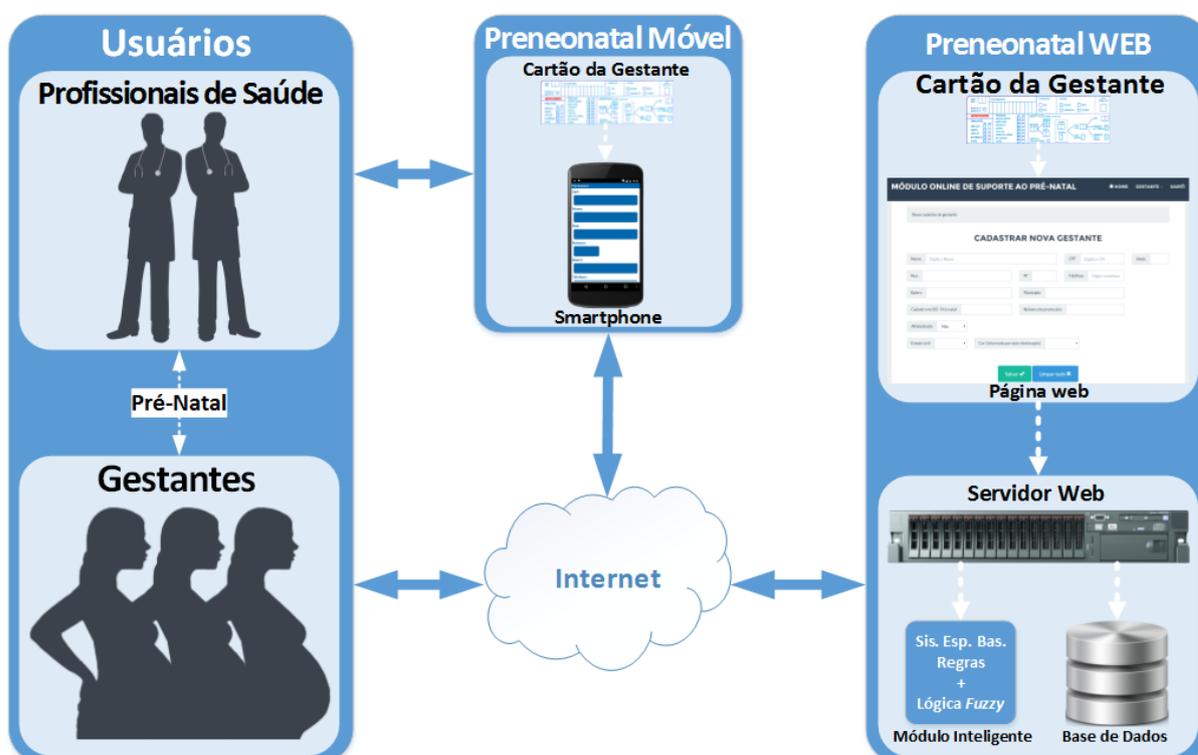


Figura 16 – Visão Geral da Preneonatal.

De modo geral, neste cenário destacam-se como principais atores: os **Usuários**

(profissionais de saúde e as gestantes), o **Preneonatal Móvel** e o **Preneontal Web**.

Os usuários representam os utilizadores da plataforma Preneonatal. Estes podem ser tanto um profissional de saúde, como também uma gestante, uma vez que, ambos têm acesso, mediante autenticação, ao ambiente interno da plataforma. Na versão atual do sistema, diferentemente dos profissionais de saúde, que têm acesso aos dois ambientes (Web e Móvel), às gestantes, têm acesso apenas por meio do Preneonatal Móvel. Ressalta-se que é previsto o desenvolvimento do ambiente do Preneonatal Web também para às gestantes, sendo este um trabalho futuro. Os profissionais de saúde são os responsáveis por alimentar a plataforma, ou seja, cadastrar os dados da gestante, bem como dos atendimentos do seu pré-natal. Uma vez armazenadas, essas informações são então processadas e, mediante seleção, algumas delas são classificadas pela plataforma, gerando uma sugestão do nível de risco da gestação e os respectivos alertas.

Os profissionais de saúde têm acesso a todas as informações (cadastradas previamente) das gestantes do grupo o qual é responsável pelo acompanhamento do pré-natal. No caso das gestantes, que podem acessar a plataforma por meio do Preneonatal Móvel, estas têm acesso às suas informações (cadastradas previamente pelo profissional de saúde), além das mensagens enviadas pelo profissional de saúde e, se for o caso, dos alertas gerados pelo processamento dos dados de suas consultas.

O Preneonatal Web é um ambiente *online* que visa possibilitar um amplo acompanhamento do pré-natal individual de cada gestante. Para isso, possibilita, de modo simples e intuitivo, o registro e acesso às informações das gestantes, além de realizar processamento, seleção e classificação dos dados de entrada, de modo a sugerir um pré-diagnóstico acerca do nível de risco da gestação e geração de alertas, e ainda permitir a troca de mensagens entre o profissional e a gestante.

O Preneontal Móvel, por sua vez, é um ambiente móvel que, assim como o Preneonatal Web, permite o registro e acesso às informações das gestantes. O grande diferencial e alvo do Preneonatal Móvel é suprir as demandas de atendimentos nas quais seja inviável a utilização do computador, ou ainda, não haja conectividade com a internet. Nestes casos, o Preneonatal Móvel pode ser utilizado normalmente e em outro momento, com a disponibilidade da rede, as informações podem ser sincronizadas com a base de dados.

Ambas as formas de interação disponibilizadas pela Preneonatal exigem que o usuário esteja devidamente autenticado para ter acesso aos respectivos ambientes internos. Para isso, após a execução do aplicativo (no caso do Preneonatal Móvel) ou acesso ao Preneonatal Web, o usuário deverá informar as suas credenciais para ter acesso ao ambiente, bem como as funcionalidades por este disponibilizadas. A sequência de passos a ser executada pelo usuário para realização desta atividade é ilustrada na Figura 17.

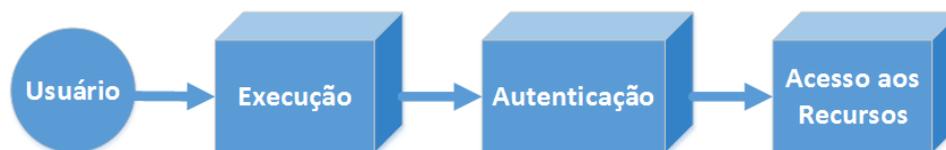


Figura 17 – Sequência de passos para acesso ao ambiente.

O Preneonatal Móvel e o Preneonatal Web são descritos mais detalhadamente, a seguir, nas Seções 4.2 e 4.3, respectivamente.

4.2 PRENEONATAL MÓVEL

Desenvolvido visando agregar principalmente os benefícios da mobilidade, o Preneonatal Móvel tem como principal objetivo permitir a realização de rotinas do acompanhamento do pré-natal em áreas sem acesso a *internet*, de modo a permitir a entrada de dados e consultas de modo *offline*. Os dados registrados são armazenados em um banco de dados local e podem ser sincronizados com o servidor a qualquer momento, caso haja acesso à internet.

O desenvolvimento do Preneonatal Móvel foi baseado na arquitetura cliente-servidor (ilustrada na Figura 18), sendo composta de 3 (três) componentes principais:

- **Servidor:** fornece um determinado serviço que fica disponível para todo Cliente que necessitar. Um exemplo desse serviço é a comunicação com o banco de dados, retornando as requisições dos Clientes;
- **Rede:** meio pelo qual os dados são transportados do Cliente para o Servidor e vice-versa;
- **Cliente:** processo que interage com o usuário através de uma interface gráfica ou não. Permite a execução de consultas ou inserções, de modo a permitir a recuperação, atualização ou criação de novos dados, ou seja, é o meio pelo qual os resultados são visualizados e/ou modificados pelo usuário.

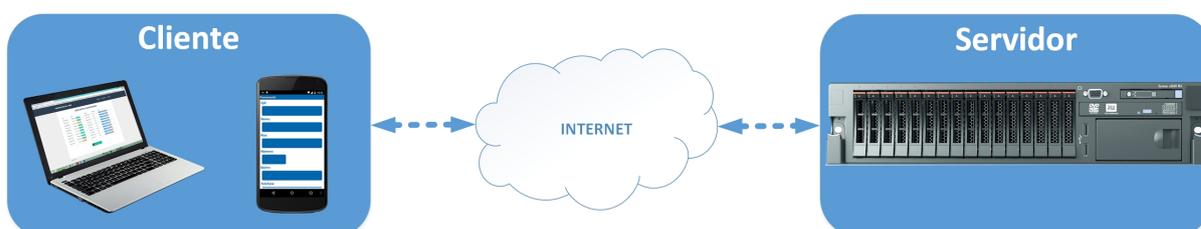


Figura 18 – Exemplo de arquitetura cliente-servidor.

Desse modo, o sistema será composto por um servidor (Preneonatal Web) que ficará hospedado na nuvem, disponibilizando recursos para os clientes. Por meio de conexões como wifi ou internet móvel como 3G ou 4G, por exemplo, o cliente poderá realizar solicitações ao Preneonatal Web e obter respostas independentemente de sua localização naquele momento, mantendo todo o processo transparente aos olhos de quem opera o sistema.

As funções disponibilizadas pelo Preneonatal Web são discutidas na seção 4.3, com relação ao Preneonatal Móvel, o mesmo será responsável por, dentre outras, as seguintes funções:

- prover para o usuário uma interface para coleta das informações relativas ao cartão da gestante;
- realizar o armazenamento local dessas informações, bem como permitir a sincronia desses dados com os dados registrados no servidor;
- exibir informações, como dados pessoais, consultas registradas, sugestões de diagnóstico, alertas, dentre outras.

Em relação à sincronia das informações entre o cliente e o servidor, é possível observar os seguintes cenários e/ou operações:

1. após a coleta dos dados no dispositivo móvel, estes poderão ser submetidos para o servidor. Neste caso, o sistema irá identificar quais os registros mais recentes e se estão presentes no cliente ou no servidor. Atualizando, assim, os dados no servidor se os dados do cliente forem mais recentes e vice-versa;
2. caso o usuário busque um registro que não está disponível no dispositivo móvel naquele instante, o mesmo envia uma requisição para o servidor a fim de verificar se aquele dado está presente. Caso esteja, será imediatamente retornado para o dispositivo cliente que o solicitou.

4.2.1 Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do Preneonatal Móvel

Visando portabilidade e baixo custo, o aplicativo desenvolvido foi criado para ser executado no sistema operacional Android, que é baseado no kernel do Linux e é mantido por um grupo de empresas lideradas pela Google. O Android é a nova plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis como smartphones e contém um sistema operacional baseado em Linux, uma interface visual rica, GPS, diversas aplicações já instaladas e ainda um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, inovador e flexível (LECHETA, 2013).

A escolha desse sistema se dá pela sua grande utilização que, em 2014, possuía 84,7% do mercado mundial de telefones inteligentes (IDC, 2014) e pelo baixo custo de desenvolvimento não necessitando de licença.

A linguagem de programação utilizada foi o JAVA. Java é uma linguagem que oferece interface de usuário rica, performance, versatilidade, portabilidade e segurança, que as aplicações de hoje exigem (ORACLE, 2014).

Visando possibilitar armazenamento local dos dados, foi utilizado o, característico em aplicações Android com armazenamento local, banco de dados SQLite, que é um motor de banco de dados SQL embutido. Diferentemente da maioria dos outros bancos de dados SQL, SQLite não tem um processo de servidor separado. SQLite lê e escreve diretamente para arquivos de disco comuns. Um banco de dados SQL completo com várias tabelas, índices, gatilhos e pontos de vista, está contido em um único arquivo em disco (SQLITE, 2014).

4.2.2 Funcionalidades do Preneonatal Móvel

Na versão do Preneonatal Móvel do profissional de saúde, após o login (Figura 19a), o usuário tem acesso ao menu principal, apresentado na Figura 19b.



Figura 19 – Telas de login e menu do Preneonatal Móvel.

Neste menu, o usuário tem ao seu dispor as funcionalidades cadastrar, buscar cadastro, sincronizar, configurações e sair, descritas a seguir:

- **CADASTRAR:** ao selecionar esta opção o usuário terá acesso às telas de cadastro de: (A) dados pessoais, (B) antecedentes familiares, pessoais e obstétricos e, (C) gravidez atual;
- **BUSCAR CADASTRO:** esta opção dá acesso à tela de busca que permite localizar, na base de dados local ou no servidor (a busca dos dados no servidor é realizada automaticamente, caso o dado solicitado não seja encontrado no banco de dados local), uma gestante cadastrada anteriormente;
- **SINCRONIZAR:** ao clicar neste botão, o usuário estará enviando para o servidor do Preneonatal Web os dados contidos no banco de dados local. Caso os dados enviados ainda não existam na base de dados do servidor eles serão adicionados, caso os dados já existam na base do servidor e os dados enviados sejam mais atuais, então é realizada a atualização dos dados no servidor;
- **CONFIGURAÇÕES:** este botão dá acesso à tela para alteração da senha do usuário e endereço do servidor remoto;
- **SAIR:** esta opção, como o nome sugere, permite ao usuário sair do sistema, encerrando a aplicação.

Ao buscar uma gestante cadastrada, o usuário tem acesso à tela de menu do atendimento da gestante, apresentada na Figura 20.



Figura 20 – Tela do menu de atendimento à gestante.

Nesta tela são exibidas as informações básicas da gestante como CPF, nome e número do prontuário, a indicação do nível de risco da gestação e são disponibilizadas as seguintes funcionalidades:

- **Alertas:** por meio deste botão o usuário pode visualizar os alertas gerados pelo Preneonatal Web;
- **Visualizar:** possibilita ao usuário acesso às demais informações da gestante, como: (A) dados pessoais, (B) antecedentes familiares, pessoais e obstétricos e, (C) gravidez atual;
- **Exames:** dá acesso à tela de cadastro e visualização dos exames cadastrados;
- **Parto:** ao clicar neste botão, o usuário terá acesso ao cadastro dos dados do parto;
- **Filhos:** dá acesso à tela de cadastro e visualização dos filhos;
- **Suplementação:** permite o acesso à tela de cadastro e exibição de suplementações;
- **Ultrassonografias:** dá acesso à tela de cadastro e exibição de ultrassonografias;
- **Consultas:** dá acesso a tela de consultas, que lista as consultas cadastradas e permite inserir uma nova consulta.

4.3 PRENEONATAL WEB

O Preneonatal Web é o principal módulo da Preneonatal, visto que é o módulo que, por meio do SPDR-GESTAÇÃO, é o responsável pela classificação dos dados de entrada selecionados, geração de alertas e exibição das informações.

Estes recursos estão disponíveis ao usuário de forma transparente por meio de uma interface gráfica amigável e intuitiva, que possibilita ao usuário acesso a uma gama de funcionalidades descritas na Seção 4.3.2. A Figura 24 apresenta a tela de listagem das gestantes cadastradas no Preneonatal Web.

4.3.1 Recursos Utilizados no Desenvolvimento Preneonatal Web

No desenvolvimento do Preneonatal Web foi utilizada a linguagem de programação PHP (um acrônimo recursivo para "**PHP: Hypertext Preprocessor**", originalmente **Personal Home Page**), criada por Rasmus Lerdorf, em 1995 (MILANI, 2010). Esta linguagem foi escolhida em virtude dos benefícios e vantagens por ela apresentados, entre eles, facilidade no desenvolvimento, licença de uso grátis e sem restrições, é uma

linguagem suportada pela grande maioria dos servidores de hospedagem, além de permitir utilização de praticamente todos os bancos de dados atuais.

Outro recurso utilizado foi a linguagem de programação *JavaScript*, que é uma linguagem de programação interpretada. Foi originalmente implementada como parte dos navegadores web para que scripts pudessem ser executados do lado do cliente e interagissem com o usuário sem a necessidade deste *script* passar pelo servidor, controlando o navegador, realizando comunicação assíncrona e alterando o conteúdo do documento exibido. Dessa forma, *JavaScript* é uma linguagem de *script* usada em milhões de páginas web em todo o mundo para validar formulários, detectar objetos e adicionar uma série de outras funcionalidades interativas (SILVA, 2010). Assim, *JavaScript* foi utilizado neste trabalho para validar formulários, realizando esta tarefa no cliente, de modo a evitar comunicações e/ou cargas de trabalho desnecessárias em relação ao servidor.

Para persistência dos dados, foi utilizado o MySQL (MYSQL, 2014), um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês *Structured Query Language*) como interface. É um banco de dados mais populares atualmente e sua escolha se deu em virtude das características positivas que apresenta, entre elas: facilidade de uso, multitarefa, portabilidade, compatibilidade, desempenho e estabilidade. O MySQL possui dois tipos de licença, os usuários podem optar por usar o MySQL como um produto Open Source sob os termos da GNU General Public License ou pode comprar uma licença comercial padrão da Oracle.

4.3.2 Funcionalidades do Preneonatal Web

Atualmente, o Preneonatal Web está hospedado no servidor de dados do laboratório de engenharia de Software da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, estando acessível via a url <<http://les.uern.br/preneonatal>>. Ao acessar este endereço, o usuário terá acesso à página de apresentação do Preneonatal com a opção para realização de login no sistema, conforme pode ser visto na Figura 21.



Figura 21 – Área de login apresentada no Preneonatal Web.

Após a realização do login, o usuário terá acesso à tela inicial (tela do usuário) da plataforma, ilustrada na imagem 22, onde, além do menu principal e da mensagem de boas-vindas, são apresentadas as informações básicas do usuário e o histórico de acesso(s) por ele realizado(s).



Figura 22 – Tela inicial (tela do usuário) do Preneonatal Web.

Localizado no canto superior direito, o menu principal, apresenta as seguintes opções HOME, GESTANTE e SAIR. Sobre este menu, ressalta-se que ele é global, ou seja, está presente em todas as telas do ambiente interno da plataforma.

A opção HOME direciona o usuário para a tela do usuário da plataforma, a opção GESTANTE contém um submenu com as opções NOVO CADASTRO e LISTAR GESTANTE. A opção NOVO CADASTRO, como o nome sugere, permite ao usuário da plataforma dar entrada em um novo cadastro de gestante, conforme apresentado na Figura 23.

PRENEONATAL WEB

HOME GESTANTE SAIR

Novo cadastro de gestante

CADASTRAR NOVA GESTANTE

Nome Digite o Nome CPF Digite o CPF Idade

Rua Nº Telefone Digite o telefone

Bairro Município

Cadastro no SIS - Pré-natal Número do prontuário

Alfabetizada Não

Estado civil Cor (Informada por auto-declaração)

Salvar Limpar tudo

Figura 23 – Tela de cadastro de gestante.

A opção LISTAR GESTANTE, por sua vez, direciona para a principal tela do Preneonatal Web, é por meio dela que o usuário tem acesso aos recursos disponibilizados. Nesta tela os nomes das gestantes são listados em ordem alfabética, compreendendo um limite de 10 (dez) nomes por página, e, à medida que o número de cadastros ultrapassa esse valor, novos botões de navegação vão sendo adicionados à página (na parte inferior, no centro da página). Esta tela é apresentada na Figura 24.



Figura 24 – Tela de listagem de gestantes do Preneonatal Web.

Conforme visto na imagem 24, além do nome da(s) gestante(s), são apresentadas informações básicas como CPF, telefone e número do prontuário. Nesta tela é apresentado, de forma prática, o indicativo do nível de risco da gestação (Baixo Risco, Alto Risco e Risco Iminente) gerado por meio do sistema especialista baseado em regras desenvolvido em conjunto com o Preneonatal Web. Logo à direita do número do prontuário, é possível observar um conjunto de botões que representam ações disponíveis ao usuário, da esquerda para a direita, são elas:

A) Mais Informações: possibilita o acesso rápido às demais informações da gestante selecionada, conforme apresentado na Figura 25;



Figura 25 – Área de acesso rápido as demais informações da gestante.

- B) Editar:** direciona o usuário para a tela de edição das informações pessoais da gestante selecionada, na qual são carregadas as informações com possibilidade de edição, conforme demonstrado na Figura 26;

EDITAR CADASTRO

Nome	Gestante 001	CPF	0000000001	Idade	16
Rua	Rua 001	Nº	001	Telefone	84 0000 0001
Bairro	Bairro 001	Município	Município 001		
Cadastro no SIS - Pré-natal	0001		Número do prontuário	0001	
Alfabetizada	Não				
Estado civil	Solteira		Cor (Informada por auto-declaração)	Branca	

Atualizar ✓
Limpar tudo ✕

Figura 26 – Tela de edição das informações pessoais da gestante.

- C) Consultas:** direciona o usuário para a tela de consultas, na qual é possível visualizar as informações básicas da gestante (incluindo o nível de risco da gestação), o cadastro de uma nova consulta e a lista das consultas cadastradas. Esta tela é apresentada na Figura 27;

DADOS DA GESTANTE

CPF	0000000001	Nome	Gestante 001	Telefone	84 0000 0001
Tipo	Baixo Risco	Idade	16	Prontuário	0001

CONSULTAS

+ Nova Consulta

Nº	Data	IG Semanas	Peso	IMC	PASxPAD	Alt. Uterina	BCF	Mov. Fetal	Ações
1	17/07/2014	26s e 3d	46.200		100x60	23	140	+	
2	28/08/2014	32s e 3d	49.900	19,26	100x60	33	142	+	
3	25/09/2014	36s e 3d	51.300	22,4	110x70	36	140	+	

Figura 27 – Tela de visualização e cadastro de consultas.

D) Exames: direciona o usuário para a tela de exames, em que é possível visualizar as informações básicas da gestante (incluindo o nível de risco da gestação), o cadastro de um novo exame e a lista dos exames cadastrados. Esta tela é demonstrada na Figura 28;

DADOS DA GESTANTE

CPF	0000000001	Nome	Gestante 001	Telefone	84 0000 0001
Tipo	Baixo Risco	Idade	16	Prontuário	0001

EXAMES

+ Novo Exame

Nº	Exame	Data	Resultado	Orientação/Conduta	Ações
1	HBO-RH	20/05/2014	B+	Nenhuma Conduta Cadastrada!	

Figura 28 – Tela de visualização e cadastro de exames.

E) Gravidez Atual: direciona o usuário para a tela de informações sobre a gravidez atual, que, caso ainda não tenha sido cadastrada, disponibiliza a opção de cadastro. Esta tela é apresentada na Figura 29;

DADOS DA GESTANTE

CPF	0000000001	Nome	Gestante 001	Telefone	84 0000 0001
Tipo	Baixo Risco	Idade	16	Prontuário	0001

DADOS DA GRAVIDEZ ATUAL

Peso Anterior	Data da Última Menstruação	14/01/2014	Data Provável do Parto	21/10/2014	
Estatura	Antitétânica Prévia	Sim	Antitétânica Atual (mês gestação)	Primeiro	
Dúvidas	Grupo	Rh	selecionar	Sensibilidade	Não
Hospitalização na Gravidez	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Transfusão				
<input type="checkbox"/> Exame Clínico Normal	<input type="checkbox"/> Exame das Mamas Normal	<input type="checkbox"/> Exame Odontológico Normal	<input type="checkbox"/> Pélvis Normal		
<input type="checkbox"/> Papanicolau Normal	<input type="checkbox"/> Colposcopia Normal	<input type="checkbox"/> Exame Clínico Cervix	<input type="checkbox"/> Fuma		
VDRL	selecionar				
Data					

Figura 29 – Tela de cadastro e/ou visualização da gravidez atual.

F) **Alertas:** exibe ao usuário, de forma prática, todos os alertas gerados por meio do SPDR-GESTAÇÃO, da gestante selecionada. Este cenário é exibido na Figura 30

00000000003	Gestante 003 Alto Risco	84 0000 0003	0003	      
ALERTAS:				
Data	Hora	Descrição		
02/12/2014	14:31:46	Atenção: a gestante tem 14 anos, idade inferior a 15 anos, portanto esta gestação é classificada como GESTAÇÃO DE ALTO RISCO.		
02/12/2014	14:32:32	Atenção: dado do BCF não foi informado na consulta 1, este dado é muito importante e deve ser informado a cada consulta!		
04/12/2014	09:32:32	Atenção: gestante apresentou na consulta 1, PRESSÃO ARTERIAL BAIXA = 80 x 60, este valor está fora do padrão recomendado (120x80)!		
04/12/2014	09:34:51	Atenção: gestante apresentou na consulta 5, PRESSÃO ARTERIAL BAIXA = 90 x 60, este valor está fora do padrão recomendado (120x80)!		
15/01/2015	14:33:05	Atenção: dados da PRESSÃO ARTERIAL não foram informados na consulta 2, esses dados são importantes e devem ser informados a cada consulta!		

Figura 30 – Exibição de alertas.

Diante do exposto, o Preneonatal Web constitui um importante módulo da plataforma de telemedicina para suporte e apoio aos profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal.

5 VALIDAÇÃO E RESULTADOS

Este Capítulo descreve o processo de validação e os resultados obtidos com SPDR-GESTAÇÃO, desenvolvido nesta pesquisa e apresentado no Capítulo 3. Assim, para melhor entendimento, ele está dividido em:

5.1 VALIDAÇÃO: apresenta um estudo de caso com dados reais para a validação do SPDR-GESTAÇÃO;

5.2 RESULTADOS: apresenta os resultados obtidos com o SPDR-GESTAÇÃO, Sistema Inteligente para Auxílio ao Diagnóstico de Nível de Risco da Gestação desenvolvido neste trabalho de dissertação, mediante validação do estudo de caso.

5.1 VALIDAÇÃO

Os testes do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido neste trabalho foram realizados utilizando-se o MATLAB[®]2013a (versão estudante), devido às ferramentas disponíveis neste aplicativo para o desenvolvimento de modelos e a rápida visualização dos resultados obtidos no SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy.

O SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido para pré-diagnóstico dos dados relativos à PA realiza a interação entre os valores de entrada, operados pelas regras de inferência do sistema especialista em lógica *fuzzy*, desencadeando as ações de controle, monitoramento e auxílio ao diagnóstico médico, conforme ilustrado na Figura 31.

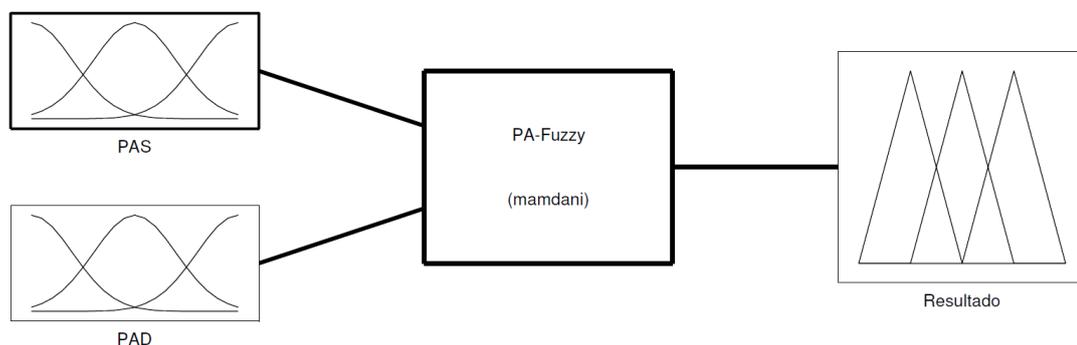


Figura 31 – Modelo *Fuzzy* para pré-diagnóstico de pressão arterial.

Todos os testes foram inicialmente realizados utilizando a BD-PRENATAL gerada, até a identificação das principais características do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy, ou seja, até: (i) a identificação do conjunto de descritores que apresentassem os melhores resultados (denominado de “melhor conjunto de entrada” – MCE); (ii) a identificação do melhor

conjunto de regras (denominado MCR); e (iii) a definição de quais as funções de pertinência, quais os parâmetros e qual a função de *defuzzificação* mais adequadas para serem utilizadas com o MCE e o MCR.

Após definição dos valores normais da PA, ressaltando-se que esse procedimento foi realizado juntamente com os profissionais de saúde, foram obtidas as funções de pertinência dos estados da PA, conforme ilustrado na Figura 32 e na Figura 33.

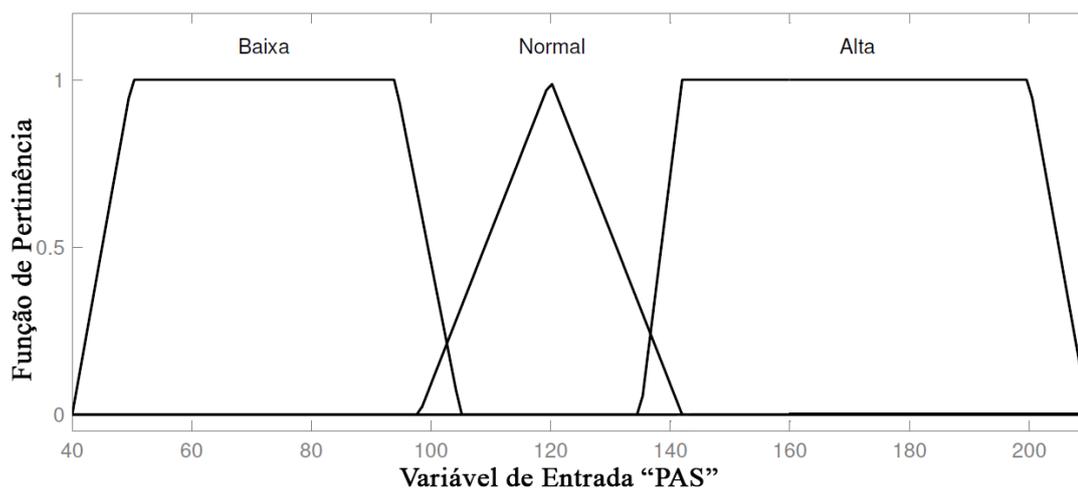


Figura 32 – Função de pertinência da PAS.

A função de pertinência da PAS possui domínio = [40 – 210], sendo: Baixa ($Baixa_{PAS}$, indicativo de PA sistólica baixa) = função trapezoidal $Baixa_{PAS} = (40; 0), (50; 1), (94; 1), (105; 0)$; Normal ($Normal_{PAS}$, indicativo de PA sistólica normal) = função triangular $Normal_{PAS} = (98; 0), (120; 1), (142; 0)$; Alta ($Alta_{PAS}$, indicativo de PA sistólica alta) = função trapezoidal $Alta_{PAS} = (135; 0), (142; 1), (200; 1), (210; 0)$;

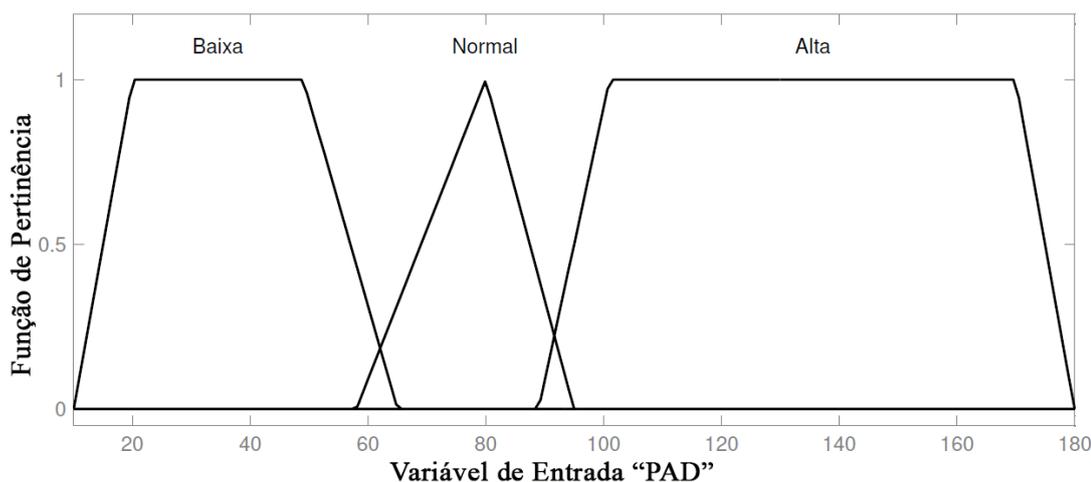


Figura 33 – Função de pertinência da PAD.

Por sua vez, a função de pertinência da PAD possui domínio = [10 - 180], sendo: Baixa ($Baixa_{PAD}$, indicativo de PA diastólica baixa) = função trapezoidal $Baixa_{PAD} = (10;$

0), (20; 1), (49; 1), (65; 0); Normal (Normal_{PAD}, indicativo de PA diastólica normal) = função triangular Normal_{PAD} = (58; 0), (80; 1), (95; 0); Alta (Alta_{PAD}, indicativo de PA diastólica alta) = função trapezoidal Alta_{PAD} = (89; 0), (101; 1), (170; 1), (180;0);

A validação da base de regras foi realizada em conjunto com profissionais médicos, considerando os conjuntos nebulosos indicadores tanto de PA anormal quando normal. O ambiente utilizado para definição da base de regras é apresentado na Figura 34 e uma demonstração do ambiente utilizado para validação das regras na Figura 35.

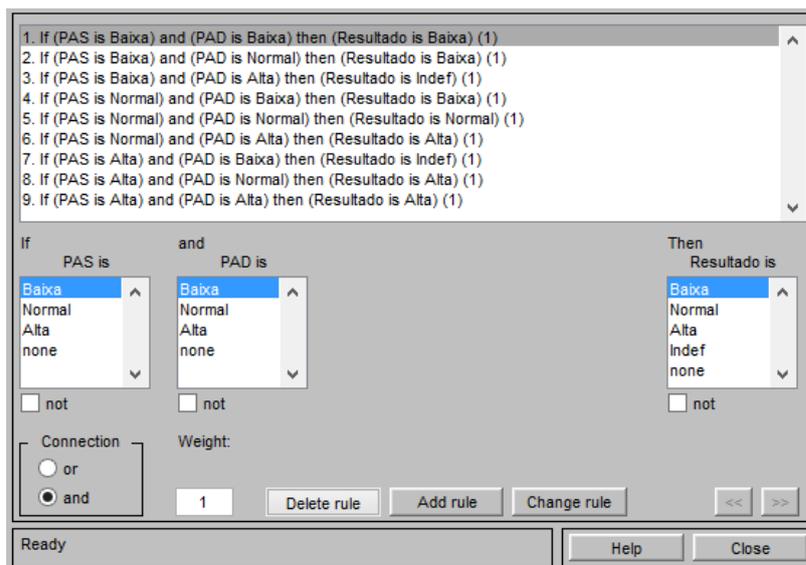


Figura 34 – Ambiente utilizado para definição da Base de Regras.

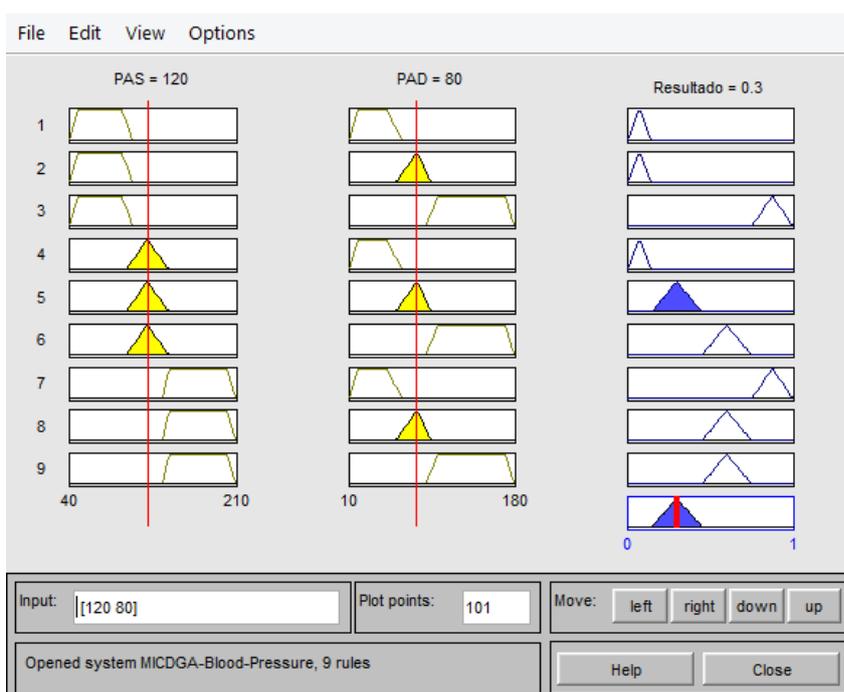


Figura 35 – Ambiente utilizado para validação da Base de Regras.

Para validação do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy buscou-se classificar as anormalidades da PA da gestante em duas situações: PA baixa e PA alta.

Adotou-se a base de regras *fuzzy* assumindo como antecedentes a PAS, considerando um domínio de [40 - 210], representando as faixas [<105 , 98 - 142] e [>135] pelos termos linguísticos baixa, normal e alta, respectivamente; e a PAD, considerando um domínio de [10 - 180], representando as faixas [<65 , 58 - 95 e >89] pelos termos linguísticos baixa e normal, respectivamente.

Como ação consequente das relações e variabilidade dos descritores, adotou-se para *defuzzificação* o domínio [0 - 1], representando as faixas [$<0,15$; 0,151 - 0,45; 0,451 - 0,75 > 0,751] pelos termos linguísticos Baixa, Normal, Alta e Indef, respectivamente, conforme apresentado na Figura 36.

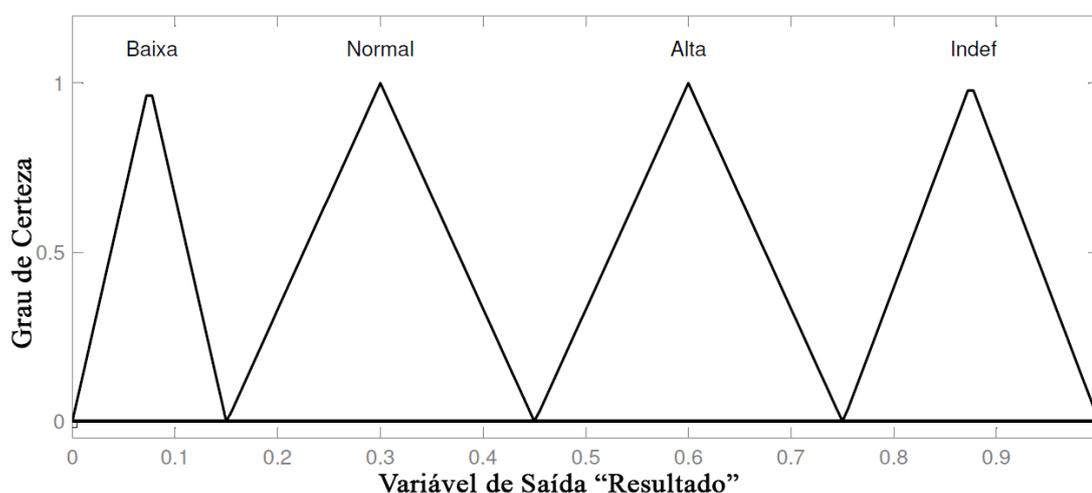


Figura 36 – Função de Pertinência - Defuzzificação.

A validação do módulo foi realizada utilizando-se uma base de dados com 98 (noventa e oito) registros de dados reais de pressão arterial de gestantes extraídas de prontuários, previamente classificados por profissionais de saúde.

Ressalta-se que as validações, tanto do conhecimento adquirido quanto dos resultados alcançados, foram realizadas durante o desenvolvimento do módulo *fuzzy* e também, em instância final, por médicos especialistas nas áreas de clínica geral e ginecologia.

5.2 RESULTADOS

Os resultados obtidos com o SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy foram comparados ao Padrão Ouro (também denominado Padrão de Referência). No contexto deste trabalho,

foi adotado como padrão ouro, as classificações nos valores das pressões arteriais realizada pelos profissionais de saúde.

Para análise dos testes do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy foram utilizados os cálculos de sensibilidade e especificidade (Armitage e Berry, 1994; Daniel, 1995; Faceli et al., 2011). Para isso, convencionou-se as saídas (resultados) que apresentassem valor diferente de normal (Baixa ou Alta), representariam anormalidade. Outra convenção foi em relação às saídas com valor igual a indefinido, passando a ser consideradas como anormalidade, uma vez que é preferível, nestes casos, enviar um alerta. Para determinar a sensibilidade e a especificidade (Armitage e Berry, 1994; Daniel, 1995; Faceli et al., 2011) de cada teste diagnóstico foram adotadas as fórmulas apresentadas na Tabela 6).

Tabela 6 – Fórmulas para Cálculo da Sensibilidade e da Especificidade considerando o Padrão Ouro e o pré-diagnóstico apresentado pelo SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy.

AVALIAÇÃO DE TESTE DIAGNÓSTICO			
SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy	DIAGNÓSTICO PADRÃO OURO		TOTAL
	ANORMAL (%)	NORMAL (%)	
Anormal (%)	A (Verdadeiro Positivo)	B (Falso Positivo)	A + B
Normal (%)	C (Falso Negativo)	D (Verdadeiro Negativo)	C + D
TOTAL	A + C	B + D	A + B + C + D
Sensibilidade = A / (A + C)		Especificidade = D / (B + D)	

Por meio dos experimentos realizados, verificou-se que o PA-fuzzy que apresentou os melhores resultados tem as seguintes características:

- a) **Método fuzzy:** Mamdani;
- b) **Funções de pertinência do conjunto de entrada:** trapezoidal (trapmf) e triangular (trimf);
- c) **Conjunto de entrada** composto por 2 variáveis (descritores), com os seguintes conjuntos nebulosos:
 - c.1) PAS com $(\text{Baixa}_{PAS}) = \{(40; 0), (50; 1), (94; 1), (105; 0)\}$, $(\text{Normal}_{PAS}) = \{(98; 0), (120; 1), (142; 0)\}$ e $(\text{Alta}_{PAS}) = \{(135; 0), (142; 1), (200; 1), (210; 0)\}$;
 - c.2) PAD com $(\text{Baixa}_{PAD}) = \{(10; 0), (20; 1), (49; 1), (65; 0)\}$, $(\text{Normal}_{PAD}) = \{(58; 0), (80; 1), (95; 0)\}$ e $(\text{Alta}_{PAD}) = \{(89; 0), (101; 1), (170; 1), (180; 0)\}$;
- d) **Funções de pertinência do conjunto de saída:** triangular (trimf);
 - d.1) “Baixa”, sendo $(\text{Baixa}_{PD}) = \{(0; 0), (0,075; 1), (0,15; 0)\}$;
 - d.2) “Normal”, sendo $(\text{Normal}_{PD}) = \{(0,151; 0), (0,3; 1), (0,45; 0)\}$;
 - d.3) “Alta”, sendo $(\text{Alta}_{PD}) = \{(0,451; 0), (0,6; 1), (0,75; 0)\}$;
 - d.4) “Indefinida”, sendo $(\text{Indef}_{PD}) = \{(0,751; 0), (0,875; 1), (1; 0)\}$;

- e) **Base de regras:** composta por 9 regras;
- f) **Defuzzificação:** Centróide;
- g) **Variável de saída:** 1 (= resultado = pré-diagnóstico).

O melhor resultado alcançado está demonstrado na Matriz de Avaliação de Teste Diagnóstico apresentada na Tabela 7 e também na Matriz de Confusão apresentada na Tabela 8.

Tabela 7 – Matriz de avaliação do teste de pré-diagnóstico do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido para auxílio ao prognóstico da recorrência anormalidades quanto a pressão arterial.

AValiação DE TESTE DIAGNÓSTICO			
<i>SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy</i>	DIAGNÓSTICO PADRÃO OURO		TOTAL
	Anormal (%)	Normal (%)	
Anormal (%)	33,67	7,14	40,82
Normal (%)	1,02	58,16	59,18
TOTAL	34,69	65,31	100,00
Sensibilidade = 97,06%		Especificidade = 89,06%	

Tabela 8 – Matriz de confusão do teste de pré-diagnóstico do PA-fuzzy desenvolvido para auxílio ao prognóstico da recorrência anormalidades quanto a pressão arterial.

MATRIZ DE CONFUSÃO		
<i>SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy</i>	PADRÃO OURO	
	Anormal	Normal
Anormal	0,97	0,11
Normal	0,03	0,89

Observa-se, na matriz de avaliação do teste diagnóstico, apresentada na Tabela 7, que o SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido apresenta: 97,06% de sensibilidade (que é a capacidade de um teste diagnóstico identificar os verdadeiros positivos nos indivíduos verdadeiramente doentes), significando percentual satisfatório de acerto no pré-diagnóstico de casos de risco na gestação; e 89,06% de especificidade (que é a capacidade de um teste diagnóstico identificar os verdadeiros negativos nos indivíduos verdadeiramente sadios), correspondendo ao pré-diagnóstico correto dos casos de gestação normal.

Ressalta-se que, segundo os médicos especialistas, na avaliação do risco na gestação é mais importante se obter bons resultados na sensibilidade do que na

especificidade. Desta forma, dentre os ensaios realizados durante o desenvolvimento do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy para auxílio ao diagnóstico do nível de risco na gestação, houveram vários com resultados também satisfatórios, mas que não apresentavam a melhor solução, tendo sido descartados, por exemplo, os conjuntos de ensaio A e B, apresentados a seguir.

Os ensaios do conjunto A foram realizados a partir do melhor conjunto de entrada, com alterações nos conjuntos nebulosos (parâmetros) das funções de pertinência. Apresenta-se, na Tabela 9, os resultados de sensibilidade e especificidade dos mesmos. Observa-se que os ensaios A.1, A.2, A.3 e A.4 apresentaram a mesma sensibilidade do SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido (97,06%), porém especificidade menor (31,25%; 28,13%; 56,25%; e 53,13%, respectivamente), sendo descartados. O ensaio A.5 apresentou a sensibilidade menor do que 97,06% e, assim, também foi descartado.

Tabela 9 – Comparativo dos ensaios apresentados no “CONJUNTO DE ENSAIOS A”.

ENSAIOS	SENSIBILIDADE (%)	ESPECIFICIDADE (%)
<i>SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy</i>	97,06	89,06
Ensaio A.1 ⁽¹⁾	97,06	31,25
Ensaio A.2 ⁽²⁾	97,06	28,13
Ensaio A.3 ⁽³⁾	97,06	56,25
Ensaio A.4 ⁽⁴⁾	97,06	53,13
Ensaio A.5 ⁽⁵⁾	94,12	53,13

⁽¹⁾ **alterações em A.1:** $Baixa_{PAS} = (40; 0), (48; 1), (94; 1), (105; 0)$, $Normal_{PAS} = (100; 0), (120; 1), (140; 0)$ e $Alta_{PAS} = (137; 0), (142; 1), (200; 1), (210; 0)$; e $Baixa_{PAD} = (10; 0), (20; 1), (49; 1), (63; 0)$, $Normal_{PAD} = (60; 0), (80; 1), (93; 0)$, e $Alta_{PAD} = (91; 0), (101; 1), (170; 1), (180; 0)$;

⁽²⁾ **alterações em A.2:** $Baixa_{PAS} = (40; 0), (68; 1), (104; 1), (107; 0)$, $Normal_{PAS} = (104; 0), (120; 1), (138; 0)$ e $Alta_{PAS} = (136; 0), (139; 1), (180; 1), (210; 0)$; e $Baixa_{PAD} = (10; 0), (30; 1), (60; 1), (63; 0)$, $Normal_{PAD} = (60; 0), (80; 1), (96; 0)$ e $Alta_{PAD} = (90; 0), (96; 1), (140; 1), (180; 0)$;

⁽³⁾ **alterações em A.3:** $Baixa_{PAS} = (40; 0), (44; 1), (102; 1), (107; 0)$, $Normal_{PAS} = (98; 0), (120; 1), (144; 0)$ e $Alta_{PAS} = (136; 0), (141; 1), (206; 1), (210; 0)$; e $Baixa_{PAD} = (10; 0), (14; 1), (58; 1), (63; 0)$, $Normal_{PAD} = (54; 0), (80; 1), (99; 0)$, e $Alta_{PAD} = (90; 0), (95; 1), (176; 1), (180; 0)$;

⁽⁴⁾ **alterações em A.4:** $Baixa_{PAS} = (40; 0), (44; 1), (98; 1), (107; 0)$, $Normal_{PAS} = (100; 0), (120; 1), (142; 0)$ e $Alta_{PAS} = (136; 0), (145; 1), (206; 1), (210; 0)$; e $Baixa_{PAD} = (10; 0), (14; 1), (54; 1), (63; 0)$, $Normal_{PAD} = (54; 0), (80; 1), (99; 0)$, e $Alta_{PAD} = (90; 0), (99; 1), (176; 1), (180; 0)$;

⁽⁵⁾ **alterações em A.5:** $Baixa_{PAS} = (40; 0), (44; 1), (54; 1), (107; 0)$, $Normal_{PAS} = (100; 0), (120; 1), (142; 0)$ e $Alta_{PAS} = (136; 0), (196; 1), (206; 1), (210; 0)$; e $Baixa_{PAD} = (10; 0), (14; 1), (20;$

1), (63; 0), $Normal_{PAD} = (50; 0), (80; 1), (102; 0)$, e $Alta_{PAD} = (90; 0), (139; 1), (176; 1), (180; 0)$);

Os ensaios do conjunto B foram realizados a partir do melhor conjunto de entrada, com alterações apenas na função de *defuzzificação*. Apresenta-se, na Tabela 10, os resultados de sensibilidade e especificidade dos mesmos. Observa-se que todos os ensaios apresentaram a mesma sensibilidade que o SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy desenvolvido (97,06%), porém especificidade menor.

Tabela 10 – Comparativo dos ensaios apresentados no “CONJUNTO DE ENSAIOS B”.

ENSAIOS	FUNÇÃO DE DEFUZZIFICAÇÃO	SENSIBILIDADE (%)	ESPECIFICIDADE (%)
SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy	centróide⁽¹⁾	97,06	89,06
Ensaio B.1	bissetor ⁽²⁾	97,06	31,25
Ensaio B.2	mom ⁽³⁾	97,06	31,25
Ensaio B.3	lom ⁽⁴⁾	97,06	31,25
Ensaio B.4	som ⁽⁵⁾	97,06	31,25

⁽¹⁾ centróide: calcula o centro da área do Conjunto de Saída (CS) gerado no estágio de inferência e determina sua projeção sobre o eixo x, que é o valor de saída de controle.

⁽²⁾ bissetor: posição exata que divide o Conjunto de Saída em duas áreas iguais.

⁽³⁾ mom (Middle of Maximum): realiza a média aritmética de todos os valores máximos do CS.

⁽⁴⁾ lom (Largest of Maximum): considera o maior dentre todos os valores máximos do CS.

⁽⁵⁾ som (Smallest of Maximum): considera o menor dentre todos os valores máximos do CS.

Assim, os resultados alcançados pelo SPDR-GESTAÇÃO-Fuzzy, foram considerados satisfatórios pelos médicos especialistas (das áreas de ginecologia e clínica médica), principalmente pela alta sensibilidade (acerto de casos de risco na gestação) apresentada (conforme pode ser visualizado na Tabela 7).

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um sistema inteligente para auxílio ao diagnóstico do nível de risco da gestação (denominado SPDR-GESTAÇÃO), utilizando um sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy*, capaz de processar e classificar dados (descritores) extraídos de informações de consultas registradas em prontuários de atendimentos de pré-natal. Considerando os resultados, pode-se analisar alguns aspectos relevantes do sistema desenvolvido, como: i) modelagem do sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy*, no qual, realizou-se tanto a identificação dos descritores mais relevantes para o referido diagnóstico quanto a modelagem de suas funções de pertinência *fuzzy* e da base de regras, favorecendo trabalhos futuros; ii) classificação dos dados de entrada e geração de pré-diagnóstico, gerando sugestões do nível de risco da gestação e alertas; iii) integração com a plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais de saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal; e iv) acesso remoto aos recursos disponibilizados.

A principal contribuição desta dissertação de mestrado foi a especificação e implementação do sistema inteligente especialista baseado em regras com lógica *fuzzy* que atende às exigências para auxílio ao diagnóstico do nível de risco da gestação, realizado a partir da análise de dados reais e do contato com os especialistas médicos. Além desta, destacam-se outras: i) identificação de descritores relevantes para auxílio ao diagnóstico do risco da gestação; ii) identificação (com base nos descritores obtidos) dos principais parâmetros (mínimo e máximo) de cada descritor para cada diagnóstico (Baixo Risco, Alto Risco e gestação Normal); iii) utilização de técnicas de sistemas inteligentes, mais especificamente sistema especialista baseado em regras com lógica *fuzzy*, para auxílio ao diagnóstico do nível de risco da gestação a partir de dados de idade de gestantes, batimento cardio fetal e pressão arterial; iv) desenvolvimento de um Sistema de Pré-Diagnóstico de fácil interação, pode ser facilmente adaptado a plataformas computacionais médicas; v) criação de Banco de Dados padrão ouro relacionado ao acompanhamento pré-natal; e vi) utilização e validação da plataforma PRENEONATAL.

Foram realizados processamento, testes e validação (por médicos especialistas) do SPDR-GESTAÇÃO utilizando base de dados padrão ouro (dados das consultas de pré-natal revisados e classificadas por médicos especialistas), ou seja, com dados reais e com diagnóstico real conhecido e comprovado. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios de acordo com profissionais de saúde (enfermeiros e médicos especialistas).

A partir deste trabalho surgem possibilidades de trabalhos futuros, como:

- desenvolvimento do ambiente do Preneonatal Web para o acesso da gestante;

- implantação do Preneonatal em ambiente real (projeto piloto no ambulatório da Faculdade de Ciências da Saúde da UERN);
- ampliação do conjunto de regras do sistema especialista baseado em regras;
- ampliação dos descritores no método *fuzzy* proposto, visando aumentar principalmente a sensibilidade, mas também a especificidade;
- integração com os módulos de triagem neonatal em desenvolvimento por pesquisadores do grupo de pesquisa em engenharia de software da UERN;
- desenvolvimento de um módulo para monitoramento da utilização do Preneonatal, gerando informações e estatísticas sobre o uso, de modo a subsidiar a tomada de decisão dos gestores públicos com respeito aos investimentos e intervenções voltadas ao pré-natal.

REFERÊNCIAS

- ALAM, M.; KHANAM, T.; KHAN, R. Assessing the scope for use of mobile based solution to improve maternal and child health in bangladesh: A case study. In: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Information and Communication Technologies and Development*. New York, NY, USA: ACM, 2012. (ICTD '10). ISBN 978-1-4503-0787-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2369220.2370755>>.
- AMED, A. M.; FILHO, A. R. da S.; JÚNIOR, C. A. A.; TRINDADE, C. R.; TRISTÃO, E. G.; FARES, F. H. A.; FEITOSA, F. E. de L.; NETO, J. A. S.; SANTOS, J. F. K. dos; NETO, J. R.; JÚNIOR, L. K.; SIQUEIRA, M. M.; CARVALHO, R. L. de; AJEJE, R.; OLIVEIRA, S. F. de; SIQUEIRA, L. K. J. A. M. M.; CARVALHO, R. L. de; AJEJE, R.; OLIVEIRA, S. F. de. *Assistência Pré-Natal (Manual de Orientação)*. Rio de Janeiro - RJ: Federação Brasileira das Sociedades de Ginecologia e Obstetrícia, 2010. Acessado em dezembro de 2013. Disponível em: <<http://abenfo.redesindical.com.br/arqs/manuais/086.pdf>>.
- BARRICELLI, N. A. Esempi numerici di processi di evoluzione. *Methodos*, p. 45–68, 1954.
- BOTELHO, T. G. *Uma nova proposta para implementação computacional do princípio de extensão de zadeh*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas, Lavras - MG, 2012.
- CAMPOS FILHO, P. *Método para apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando lógica fuzzy*. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis - SC, 2004.
- CASTILLEJO, J. A. P. Telemedicina, una herramienta también para el médico de familia. *Atención Primaria*, v. 45, n. 3, p. 129 – 132, 2013. ISSN 0212-6567. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656712003484>>.
- CHOURASIA, V. S.; TIWARI, A. K.; GANGOPADHYAY, R. Interval type-2 fuzzy logic based antenatal care system using phonocardiography. *Applied Soft Computing*, v. 14, Part C, n. 0, p. 489 – 497, 2014. ISSN 1568-4946. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494613002998>>.
- COX, E. *The Fuzzy Systems Handbook: A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*. San Diego, CA, USA: Academic Press Professional, Inc., 1994. ISBN 0-12-194270-8.
- DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS. *Sisprenatal - Sistema de Pré-natal*. 2012. Acessado em novembro de 2014. Disponível em: <<http://sisprenatal.datasus.gov.br/SISPRENATAL/index.php>>.
- D'OTTAVIANO, I. M. L.; FEITOSA, H. de A. Sobre a história da lógica, a lógica clássica e o surgimento das lógicas não-clássicas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA MATEMÁTICA. Aracaju, 2003. Disponível em: <<ftp://ftp.cle.unicamp.br/pub/arquivos/educacional/ArtGT.pdf>>.
- EDELMAN, E. A.; LIN, B. K.; DOKSUM, T.; DROHAN, B.; EDELSON, V.; DOLAN, S. M.; HUGHES, K. S.; O'LEARY, J.; GALVIN, S. L.; DEGROAT, N.; PARDANANI,

S.; FEERO, W. G.; ADAMS, C.; JONES, R.; SCOTT, J. Implementation of an electronic genomic and family health history tool in primary prenatal care. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, v. 166, n. 1, p. 34–44, 2014. ISSN 1552-4876. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ajmg.c.31389>>.

ENGELBRECHT, A. P. *Computational Intelligence: An Introduction*. 2nd. ed. [S.l.]: Wiley Publishing, 2007. ISBN 0470035617.

FEIGENBAUM, E. A.; BUCHANAN, B. G. Dendral and meta-dendral: roots of knowledge systems and expert system applications. *Artificial Intelligence*, v. 59, n. 1–2, p. 233 – 240, 1993. ISSN 0004-3702. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000437029390191D>>.

FILHO, A. M. S.; SERRA, A. S. de L.; RATTNER, D.; CRUZ, D. R. N.; CEZIMBRA, G. S. S.; PIRES, H. M. B.; ABREU, I. P. H.; SCHIRMER, J. *Pré-natal e puerpério atenção qualificada e humanizada (Manual Técnico)*. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2006. Acessado em dezembro de 2013. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_pre_natal_puerperio_3ed.pdf>.

FRASER, A. S. Simulation of genetic systems by automatic digital computers. i. introduction. *Australian Journal of Biological Science*, v. 10, p. 484–491, 1957.

FREIRE, C. M. V.; TEDOLDI, C. L. Hipertensão arterial na gestação. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, scielo, v. 93, p. 159 – 165, 12 2009. ISSN 0066-782X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2009001300017&nrm=iso>.

GASPAR, J.; CHAGAS, J.; CRUZ-CORREA, R.; N.REIS, Z. S. Health information system for obstetric and neonatal healthcare monitoring: Sismater. In: *Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1–7.

HANSON, C.; MARSHALL, B. Artificial intelligence applications in the intensive care unit. *Critical Care Medicine*, v. 29, n. 2, p. 427–435, 2001.

JADHAV, V. S.; SATTIKAR, A. A. Review of application of expert systems in the medicine. *National Conference on Innovations in IT and Management*, 2014. Disponível em: <http://nci2tm.sinhgad.edu/NCIT2M2014_P/index.html>.

JANTZEN, J. Design of fuzzy controllers. *Technical University of Denmark, department of automation, lyngby Denmark, technical report*, n. 98-E, p. 864, 1998.

KABURLASOS, V. G.; KABURLASOS, V. G.; RITTER, G. X. *Computational Intelligence Based on Lattice Theory*. 1st. ed. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2007. ISBN 3540726861, 9783540726869.

LECHETA, R. R. *Google Android: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK*. São Paulo, SP - Brasil: Novatec, 2013. ISBN 978-85-7522-344-4.

LEITE, C. R. M. *Arquitetura Inteligente Fuzzy para Monitoramento de Sinais Vitais de Pacientes: Um Estudo de Caso em UTI*. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da UFRN, Natal - RN, 2011.

LIMA, I. R. *Sistemas Inteligentes para Auxiliar na Tomada de Decisões em Mercado de Capitais*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, Brasil, 2012.

LIN, T. Y.; YAO, Y. Y.; ZADEH, L. A. (Ed.). *Data Mining, Rough Sets and Granular Computing*. Heidelberg, Germany, Germany: Physica-Verlag GmbH, 2002. ISBN 3-7908-1461-X.

LOPES, W. A.; JAFELICE, R. S. da M.; BARROS, L. C. de. Modelagem fuzzy de diagnóstico médico e monitoramento do tratamento da pneumonia. *Biomatemática*, v. 15, p. 77–96, 2005. ISSN 1679-365X.

LUKASIEWICZ, J. O logice trójwartosciowej (on three-valued logic). *Ruch Filozoficzny*, n. 5, p. 169–171, 1920.

MAHMUD, A. A.; KEYSON, D. V. Supporting antenatal care in developing countries through mobile diagnostic system. In: *Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Computing for Development*. New York, NY, USA: ACM, 2013. (ACM DEV '13), p. 26:1–26:2. ISBN 978-1-4503-1856-3. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2442882.2442914>>.

MAHMUD, A. A.; KEYSON, D. V. Ubiquitous support for midwives to leverage daily activities. In: *Proceedings of the 2013 ACM Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication*. New York, NY, USA: ACM, 2013. (UbiComp '13 Adjunct), p. 251–254. ISBN 978-1-4503-2215-7. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2494091.2494171>>.

MAITRA, A.; KUNTAGOD, N. A novel mobile application to assist maternal health workers in rural india. In: *Software Engineering in Health Care (SEHC), 2013 5th International Workshop on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 75–78.

MAMDANI, E. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Electrical Engineers, Proceedings of the Institution of*, v. 121, n. 12, p. 1585–1588, December 1974. ISSN 0020-3270.

MARAJ, A.; SHATRI, B.; RUGOVA, S. Selection of defuzzification method for routing metrics in mpls network to obtain better crisp values for link optimization. In: *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on System Science and Simulation in Engineering*. Stevens Point, Wisconsin, USA: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2008. (ICOSSE'08), p. 200–205. ISBN 978-960-474-027-7. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1562259.1562297>>.

MATHWORKS. *MATLAB User's Guide. R2013a Documentation – Fuzzy Logic Toolbox, Product Documentation*. The MathWorks, Inc, 2013. Acessado em março de 2014. Disponível em: <http://www.mathworks.com/help/releases/R2013a/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf>.

MENDES, R. D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. *scielo*, v. 26, 01 1997. ISSN 0100-1965. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&nrm=iso>.

MILANI, A. *Construindo Aplicações Web com PHP e MySQL*. [S.l.]: Novatec, 2010. 336 p. ISBN 978-85-7522-219-5.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *ASSISTÊNCIA PRÉ-NATAL Normas e Manuais Técnicos*. Brasília - DF, 1989. Acessado em novembro de 2014. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pre_natal.pdf>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Assistência Pré-Natal Manual Técnico*. Brasília - DF, 2000. Acessado em dezembro de 2013. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cd04_11.pdf>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Política Nacional de Atenção Integral à Saúde da Mulher Princípios e Diretrizes*. Brasília - DF, 2004. Acessado em novembro de 2014. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nac_atencao_mulher.pdf>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Manual de Vigilância do Óbito Infantil e Fetal e do Comitê de Prevenção do Óbito Infantil e Fetal*. Brasília - DF, 2009. Acessado em maio de 2013. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/Manual_Infantil_Fetal.pdf>.

MOZELLI, L. A. *Controle Fuzzy para Sistemas de Takagi-Sugeno: Condições Aprimoradas e Aplicações*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, Brasil, 2008.

MYERS, J. D. The background of internist i and qmr. In: *Proceedings of ACM Conference on History of Medical Informatics*. New York, NY, USA: ACM, 1987. (HMI '87), p. 195–197. ISBN 0-89791-248-9. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/41526.41543>>.

MYSQL. *MySQL 5.6 Reference Manual*. 2014. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/index.html>>.

NEWELL, A. *Human Problem Solving*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1972. ISBN 0134454030.

ORACLE. *Java SE Development Kit 8*. 2014. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>>.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. *Manual AIDPI Neonatal*. Brasília - DF, 2012. Acessado em novembro de 2013. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_aidpi_neonatal_3ed_2012.pdf>.

PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. *Fuzzy Control*. 1st. ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1997. ISBN 020118074X.

PEREIRA, A. A. *Avaliação da qualidade da água: proposta de novo índice alicerçado na lógica fuzzy*. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2010.

REIS, M.; ORTEGA, N.; SILVEIRA, P. Fuzzy expert system in the prediction of neonatal resuscitation. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, scielo, v. 37, p. 755 – 764, 05 2004. ISSN 0100-879X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2004000500018&nrm=iso>.

REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações*. Barueri - SP: Manole, 2003. ISBN 8520416837.

RODRIGUES, E. M.; NASCIMENTO, R. G. do; ARAÚJO, A. Protocolo na assistência pré-natal: ações, facilidades e dificuldades dos enfermeiros da estratégia de saúde da família. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, scielo, v. 45, p. 1041 – 1047, 10 2011. ISSN 0080-6234.

ROSENBLATT, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, v. 65, n. 6, p. 386–408, 1958.

SAY, L.; CHOU, D.; GEMMILL, A.; TUNÇALP ÖZGE; MOLLER, A.-B.; DANIELS, J.; GÜLMEZOĞLU, A. M.; TEMMERMAN, M.; ALKEMA, L. Global causes of maternal death: a {WHO} systematic analysis. *The Lancet Global Health*, v. 2, n. 6, p. e323 – e333, 2014. ISSN 2214-109X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214109X1470227X>>.

SAY, L.; RAINE, R. A systematic review of inequalities in the use of maternal health care in developing countries: examining the scale of the problem and the importance of context. *Bulletin of the World Health Organization*, scielosp, v. 85, p. 812 – 819, 10 2007. ISSN 0042-9686. Disponível em: <http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0042-96862007001000019&nrm=iso>.

SHAVLIK, J. W.; DEITTERICH, T. E. *Readings in Machine Learning*. 1st. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1991. ISBN 1558601430.

{ELSEVIER} {COMPUTER} {SCIENCE} {LIBRARY}. In: SHORTLIFFE, E. H. (Ed.). *Computer-Based Medical Consultations: Mycin*. Elsevier, 1976. p. ii –. ISBN 978-0-444-00179-5. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444001795500019>>.

SICA, V.; SELVAGGI, S. *Telemedicina: Approccio multidisciplinare alla gestione dei dati sanitari*. Verlag - Italia: Springer, 2010. ISBN 8847016339.

SILVA, M. S. *JavaScript - Guia do Programador*. [S.l.]: Novatec, 2010. 608 p. ISBN 978-85-7522-248-5.

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*. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal - RN, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, scielo, v. 89, p. e24 – e79, 09 2007. ISSN 0066-782X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2007001500012&nrm=iso>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. V Diretrizes de Monitoração Ambulatorial Da Pressão Arterial (MAPA) e III Diretrizes de Monitoração Residencial da Pressão Arterial (MRPA). *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, scielo, v. 97, p. 1 – 2, 09 2011. ISSN 0066-782X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2011001800001&nrm=iso>.

SQLITE. *About SQLite*. 2014. Disponível em: <<http://www.sqlite.org/about.html>>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *mhealth: New horizons for health through mobile technologies*. Geneva, Switzerland, 2011. Disponível em: <http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNITED NATIONS INTERNATIONAL CHILDREN'S EMERGENCY FUND. *Revised 1990 Estimates of Maternal Mortality. A New Approach by WHO and UNICEF*. Geneva, Switzerland, 2011. Disponível em: <http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf>.

ZADEH, L. Fuzzy sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p. 338 – 353, 1965. ISSN 0019-9958. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>>.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, SMC-3*, n. 1, p. 28–44, Jan 1973. ISSN 0018-9472.

Anexos

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Plataforma de Telemedicina para Suporte e Acompanhamento de Profissionais de Saúde na Execução de Protocolos de Assistência Pré-Natal.

Pesquisador: CÍCILIA RAQUEL MAIA LEITE

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 34855314.9.0000.5294

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 761.232

Data da Relatoria: 19/08/2014

Apresentação do Projeto:

O projeto apresentado é uma pesquisa de mestrado que possui como proposta principal o desenvolvimento de uma plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais da saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal. Trata-se de uma pesquisa do tipo experimental quantitativa, na qual serão utilizadas informações do histórico de atendimento de gestantes para realização de testes da plataforma de telemedicina desenvolvida, a fim de verificar o correto funcionamento da mesma. Segundo o autor, a amostra é de 300 participantes. Os critérios de inclusão estão estabelecidos. No que diz respeito aos aspectos éticos da pesquisa, a obtenção do TCLE está de acordo com a resolução n 466/2012. Os riscos e benefícios da pesquisa estão bem determinados. São previstos a garantia de ressarcimento e indenização. O cronograma apresentado estabelece o período de coleta respeita os tramites pelo CEP. O orçamento totalizou no valor de 3500,00 e será fomentado pelo autor do projeto.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o pesquisador, o objetivo da pesquisa é desenvolver uma plataforma de telemedicina para suporte e acompanhamento de profissionais da saúde na execução de protocolos de assistência pré-natal

Endereço: Rua Almino Afonso n°. 478

Bairro: Centro

CEP: 59.607-360

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3315-2145

Fax: (84)3315-2108

E-mail: cep@uern.br

Continuação do Parecer: 761.232

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o autor, esta pesquisa não geram riscos morais, físicos ou de exposição para as pacientes, considerando que: (a) toda e qualquer informação somente será coletada mediante prévia autorização por meio da assinatura do TCLE; (b) não serão coletadas informações pessoais das pacientes (como nome, CPF, telefone e endereço); (c) as pacientes não precisarão se submeter a qualquer tipo de atividade, esforço, exposição, procedimento ou teste, físico ou mental. Em relação aos benefícios, as informações coletadas propiciarão a execução de testes da plataforma a ser desenvolvida e, assim, os profissionais da saúde poderão dispor de uma plataforma que os auxilie nos cuidados pré-natal.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram anexados

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

MOSSORO, 22 de Agosto de 2014

Assinado por:
LUCIANA ALVES BEZERRA DANTAS ITTO
(Coordenador)

Endereço: Rua Almino Afonso n°. 478

Bairro: Centro

CEP: 59.607-360

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3315-2145

Fax: (84)3315-2108

E-mail: cep@uern.br

ANEXO B – FICHA CLÍNICA DE PRÉ-NATAL

FICHA CLÍNICA DE PRE-NATAL



Data: ____/____/____ Prontuário: _____
Nome: _____ Profissão: _____
Endereço: _____
Cidade: _____ UF: _____ CEP: _____ Telefone: _____
Idade: _____ < 15 15 - 35 > 35
Escolaridade Nenhuma 1º Grau 2º Grau Superior
Estado Civil/União Casada Solteira(sem união estável) Solteira (com união estável)
Outra: _____
Cor/Raça Branca Negra Parda Indígena Asiática
Natural: _____

Antecedentes

AF: Hipertensão arterial Diabetes Gemelidade Malformação
Outros: _____
AP: Hipertensão arterial Diabetes Cir. Pélvica Cardiopatia infc.Urinária Malformação
Outros: _____

Antecedentes Obstétricos

Gestação: _____ Parto: _____ Abortos: _____ Ectópicas: _____ Gemelares: _____
Abortamentos: _____ Espontâneos: _____ Provocados: _____ Com curetagem: _____
Partos: Vaginais: _____ Césareos: _____
Nascidos vivos: _____ Nascidos Mortos: _____
Filhos vivos atuais: _____ Óbitos 1ª semana: _____ Óbitos após 1ª semana: _____
Causa do óbito: _____
Peso RN: <2500 g _____ 2500-4000 g _____ >4000 g _____
Data da última gestação ____/____/____ (Mês/Ano)
Amamentação: S N Duração: _____ Causa insucesso: _____
Intercorrências em gestações anteriores: _____

Gestação Atual

DUM ____/____/____ DPP ____/____/____ Dúvida: S N Qual: _____
Grupo sanguíneo: Rh+ Rh- Sensibilizada: S N
Vacinação anti-tetânica: S N Doses prévias: 1 2 3
Última dose > 5 anos: S N Ignorado
Data prevista vacinações: 1ª ____/____/____ Realizada: S N
2ª ____/____/____ Realizada: S N
3ª ____/____/____ Realizada: S N
Fumo: S N Quantos/Dia: _____ Álcool: S N Frequência: _____
Intercorrências até 1ª. Consulta: _____

Exame Dísico

Peso 1ª consulta: _____ Kg Peso Prévio: _____ Kg Estatura: _____ cm
Ex. clínico: Normal - S N Ex. mamas: Normal- S N Ex.ginecológico: Normal- S N
Achados alterados nos exames realizados: _____

Evolução da Gravidez

Consulta nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data										
IG(semanas)										
Peso(kg)										
PA max/min (mmHg)										
Altura uterina (cm)										
Apresentação fetal										
Movimentos fetais										
BCF										
Edema MMII										

Exames Laboratoriais

Exame	Data	Resultado	Data	Resultado	Data	Resultado
Tipo Sangüíneo						
Hb / Ht						
Glicemia jejum						
TOTG 50g						
VDRL						
HbsAg						
HIV						
Toxoplasmose						
Rubéola						
Urinal						
Urocultura						
Papanicolaou						
Outros						

Ultra-Sonografia

Data	IG DUM	IG USG	Peso Fetal	Placenta	Líquido	Outros

Observações: _____

Data	Intercorrências/Conduta

Harmonet

PREMELLE®