

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2008

LUCIANO EUSTÁQUIO CHAVES

**ESTIMANDO O DESFECHO NO RECÉM-NASCIDO GRAVE ATRAVÉS DA
LÓGICA FUZZY**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Engenharia Semiológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

Guaratinguetá
2008

C512e	Chaves, Luciano Eustáquio Estimando o desfecho no recém-nascido grave através da lógica fuzzy. / Luciano Eustáquio Chaves.- Guaratinguetá : [s.n.], 2008 64f.: Bibliografia: f. 54-61 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2008 Orientador: Prof. Dr. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento 1. Lógica Fuzzy I. Título CDU 510.6
-------	---

DADOS CURRICULARES

LUCIANO EUSTÁQUIO CHAVES

NASCIMENTO	23.01.1973 – Sete Lagoas / MG
FILIAÇÃO	Neide Eustáquio da Silva Nery Chaves
1996/1999	Universidade Católica de Petrópolis-RJ Graduado em Fisioterapia
2000/2001	Especialização em Fisioterapia Respiratória, Irmandade de Misericórdia Santa Casa de São Paulo-SP
2004/2004	Especialização em Fisioterapia Respiratória e Terapia Intensiva, Sociedade Brasileira de Fisioterapia Respiratória e Terapia Intensiva-Sobrafir
2006/2008	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Semiológica, nível Mestrado, na Universidade Estadual Paulista – UNESP do Campus de Guaratinguetá

Dedico com muito amor a minha esposa Alline e meu filho Gabriel; aos meus pais Nery e Neide, irmãos Luciana, Lúcio Nery e Elen, companheiros de todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela coragem para a luta, onde sou apenas um instrumento para que Ele utilize de Sua autoridade para demonstrar seu amor...

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – FEG, em especial ao *Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento*, por suas valiosas orientações e críticas construtivas.

Aos demais professores, técnicos do laboratório (em especial ao *Urbano G. Oliveira e Walter Luiz Tupinambá*) demais funcionários da FEG/UNESP, pois esse trabalho não é fruto de um só, mas de uma tarefa coletiva, onde de formas diferentes todos contribuíram de alguma maneira para a obtenção das informações.

À secretária do Departamento de Engenharia Mecânica, *Rosiléa Ribeiro de Matos*, pelas informações fornecidas e atenção no seu atendimento.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da FEG/UNESP, *Regina Célia Galvão Faria Alves, Elisa Mara de Carvalho Nunes, Maria Cristina Silva de Oliva e Sidney Eustáquio Ramos Rabelo*.

Às funcionárias da biblioteca da FEG/UNESP, em especial a *Ana Maria Ramos Antunes*, por sua contribuição no levantamento bibliográfico.

Aos amigos e demais colegas.

Aos meus familiares.

E finalmente, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

APOIO FINANCEIRO

Este trabalho contou com o apoio da seguinte entidade:

- Bolsa CAPES.

Sonhar o sonho impossível,
Sofrer a angústia implacável,
Pisar onde os bravos não ousam,
Reparar o mal irreparável,
Amar um amor casto à distância,
Enfrentar o inimigo invencível,
Tentar quando as forças se esvaem,
Alcançar a estrela inatingível:
Essa é a minha busca.

Dom Quixote

RESUMO

CHAVES, L. E. **Estimando o desfecho no recém-nascido grave através da Lógica Fuzzy**. 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

O objetivo deste trabalho foi construir um modelo lingüístico utilizando as propriedades da lógica fuzzy com 4 variáveis de entrada: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, fração inspirada de oxigênio e de saída a variável risco de morte. Foi oferecido uma planilha com dados reais a 4 especialistas para que estes estimassem a possibilidade de óbito. Os valores fornecidos pelos especialistas foram correlacionados com os valores fornecidos pelo modelo; o estudo incluiu 100 recém nascidos e ocorreram 8 óbitos. A possibilidade média de óbito do modelo foi de 49,7% (dp=29,3%) e para alta a média foi de 24% (dp=17,5%). Estes valores são diferentes quando comparados pelo teste *t Student* ($t=2,44$) mostrando que são diferentes com significância estatística $p < 0,001$. A correlação entre os especialistas e o modelo proposto foi de 80% e a acurácia do modelo foi de 81,9%. Foi notado que o risco de morte neonatal diminui quando o peso ao nascer, a idade gestacional e o Apgar aumentam, e a fração de oxigênio diminui. Este modelo preditivo não invasivo e de baixo custo financeiro pode ser usado em berçários e UTIN, pois é facilmente utilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo lingüístico, lógica fuzzy, recém-nascido, risco de morte.

ABSTRACT

CHAVES, L. E. **Estimating outcome in newborns in serious condition using Fuzzy Logic**. 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

The aim of the present study was to construct a linguistic model using the properties of fuzzy logic with four input variables (birth weight, gestational age, Apgar and inspired oxygen fraction) and risk of death as the output variable. A spreadsheet with real data was given to four specialists to estimate the possibility of death. The values provided by the specialists were correlated to those provided by the model; the study included 100 and eight deaths occurred. The mean chance of death in the model was 49.7% (sd=29.3%) and the mean chance of discharge was 24% (sd=17.5%). When compared using the Student's t-test ($t=2.44$), the difference between these values was statistically significant ($p < 0.001$). The correlation between the specialists and the proposed model was 80% and the accuracy of the model was 81.9%. The risk of neonatal death diminished with an increase in birth weight, gestational age and Apgar as well as a reduction in oxygen fraction. This non-invasive, low-cost predictive model is easy to use and may be used in nurseries and NICUs.

KEY WORDS: Linguistic model, fuzzy logic, newborn, risk of death.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Característica da função de um conjunto M e a função de pertinência do conjunto <i>fuzzy</i> (SCHUH, 2005)	20
FIGURA 2 - Sistema <i>Fuzzy</i> (TANSCHKEIT, 1995)	23
FIGURA 3 - SNAP adaptada de Richardson, 1993.....	31
FIGURA 4 - SNAP PE, adaptada de Richardson 1993.....	31
FIGURA 5 - CRIB adaptado de <i>The International Neonatal Network</i> , 1993....	32
FIGURA 6 - SNAP II e SNAP PE II adaptado de Richardson (2001).....	32
FIGURA 7 - Conjunto <i>fuzzy</i> para peso ao nascer (g) (mbp: muito baixo peso, bp: baixo peso e pn: peso normal).....	35
FIGURA 8 - Conjunto <i>fuzzy</i> para idade gestacional (semanas) (mpt: muito pré-termo, pt: pré-termo e term: termo)	36
FIGURA 9 - Conjunto <i>fuzzy</i> para contagem de Apgar (agr: asfixia grave, asfl: asfixia leve, sem: sem asfixia).....	36
FIGURA 10 - Conjunto <i>fuzzy</i> para FiO ₂ (%).....	36
FIGURA 11 - Risco da morte (bx: baixo, médio, ma: médio alto, alto e malto: muito alto)	37
FIGURA 12 - Regras <i>fuzzy</i>	38
FIGURA 13 - Sistema <i>Fuzzy</i>	38
FIGURA 14 - Tela capturada do programa MATLAB® versão estudante	42
FIGURA 15 - Tela capturada do programa MATLAB® versão estudante	43

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Função de Pertinência ao conjunto <i>Fuzzy</i> que corresponde aos pacientes com febre alta (Temperatura axilar por volta de 39 °C ou maior)	19
GRÁFICO 2 - Correlação entre o risco dos especialistas e o modelo	41
GRÁFICO 3 - Curva ROC	42
GRÁFICO 4 - Superfície do risco de morte neonatal relativo ao PN x IG.....	43
GRÁFICO 5 - Superfície do risco de morte neonatal relativo ao PN x Apgar..	44
GRÁFICO 6 - Superfície de morte neonatal relativo ao PN x FiO2	44
GRÁFICO 7 - Superfície de risco de morte neonatal relativo a IG x Apgar	45
GRÁFICO 8 - Superfície de risco de morte neonatal relativo a IG x FiO2.....	45
GRÁFICO 9 - Superfície do risco de morte relativo ao Apgar x FiO2	46
GRÁFICO 10 - Análises a) Risco x peso b) Risco x peso.....	46
GRÁFICO 11 - Análises a) Risco x IG b) Risco x IG	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Valores das médias, dp, mínimos e máximos das variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, fração inspirada de oxigênio, segundo tipo de saída alta ou óbito, Taubaté 2008	40
TABELA 2 -	Valores médios das variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, razão inspirada de oxigênio, segundo tipo de saída alta ou óbito, Taubaté 2008.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Agr	—	Asfixia grave
APACHE	—	<i>Acute Physiology And Chronic Health Evaluation</i>
Asfl	—	Asfixia leve
bp	—	Baixo peso
BPN	—	Baixo peso ao nascimento
bx	—	Baixo
CRIB	—	<i>Clinical Risk for Babies</i>
Dp	—	Desvio padrão (dp)
FiO ₂	—	Fração inspirada de oxigênio
IG	—	Idade Gestacional
ma	—	Médio alto
malto	—	Muito alto
Max	—	Máximo
Mbp	—	Muito baixo peso
Min	—	Mínimo
mpt	—	Muito pré-termo
PaCO ₂	—	Pressão arterial de gás carbônico
PaO ₂	—	Pressão arterial de oxigênio
pn	—	Peso normal
SPSS	—	<i>Statistical Package For the Social Sciences</i>
pt	—	Pré-termo
RNPT	—	Recém-nascido pré-termo
ROC	—	<i>Receive Operator Characteristic</i>
Sat O ₂	—	Saturação de oxigênio
SBP	—	Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP)
SDRA	—	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo

SNAP	—	<i>Score for Neonatal Acute Physiology</i> – Escore para Fisiologia Neonatal Aguda
SNAP-PE	—	<i>Score for Neonatal Acute Physiology – perinatal Extension</i> – Escore para Fisiologia Neonatal Aguda – Extensão Perinatal
term	—	Termo
UNESP	—	Universidade Estadual Paulista
USA	—	Estados Unidos da América
UTI	—	Unidade de Terapia Intensiva
UTIN	—	Unidade de Terapia Intensiva Neonatal

LISTA DE SÍMBOLOS

(MR).	—	Marca Registrada
°C	—	Grau centígrado (Grau Celsius)
g	—	Gramas
Kpa	—	Kilo-Pascal
mEq/L	—	Milequivalente por l Litro
ml/Kg/h	—	milímetros por kilogramas por hora
mmHg	—	milímetros de mercúrio
pH	—	Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 A LÓGICA <i>FUZZY</i>	17
1.1.1 Grau de Pertinência	18
1.1.2 Modelos Lingüísticos	21
1.1.3 <i>Fuzificação, Inferência Fuzzy e Defuzificação</i>	23
1.1.4 Aplicações da Lógica <i>Fuzzy</i>	24
1.1.4.1 Aplicações da Lógica <i>Fuzzy</i> na Medicina	27
1.2 RISCO DE MORTE NEONATAL	30
1.2.1 UTI Neonatal	33
1.3 OBJETIVO	34
2 METODOLOGIA	35
3 RESULTADOS	40
4 DISCUSSÃO	48
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APENDICE A	62
ANEXO A	63

1 INTRODUÇÃO

1.1 A LÓGICA FUZZY

A teoria de *lógica fuzzy* foi apresentada em 1964 por Lotfi A. Zadeh, professor no Departamento de Engenharia Elétrica e Ciências da Computação da Universidade da Califórnia em Berkeley, quando trabalhava com problemas de classificações de conjuntos que não possuíam fronteiras bem definidas (ZADEH, 1965; KLIR, 1995; SANDRI, 1999; YEN, 1999; ORTEGA, 2001; MASSAD et al., 2003).

O termo *fuzzy* significa nebuloso, difuso, impreciso e se refere ao fato de, em muitos casos, não conhecermos completamente os sistemas que estamos analisando e também os limites dos conjuntos. Existem inúmeras situações em que a relação de pertinência não é bem definida e, nestes casos, não sabemos dizer com exatidão se o elemento pertence ou não a um dado conjunto (ORTEGA, 2001; MASSAD et al., 2003).

A lógica *fuzzy* é uma das metodologias atuais de grande sucesso para o desenvolvimento de sistemas para controlar processos sofisticados (DUBOIS, 1980; LEE, 1990; DUTTA, 1993; CASTRO, 1995; SANDRI, 1999).

Segundo Karr (1993) com a utilização da lógica *fuzzy*, requerimentos completos podem ser implementados em controladores simples, de fácil manutenção e baixo custo. O uso de sistemas construídos desta maneira, chamados controladores *fuzzy*, é especialmente interessante quando o modelo matemático está sujeito a incertezas.

A intenção de Zadeh foi flexibilizar a pertinência de elementos aos conjuntos criando a idéia de *grau de pertinência*. Dessa forma, um elemento poderia pertencer parcialmente a um dado conjunto (ORTEGA, 2001; MASSAD et al., 2003).

1.1.1 Grau de Pertinência

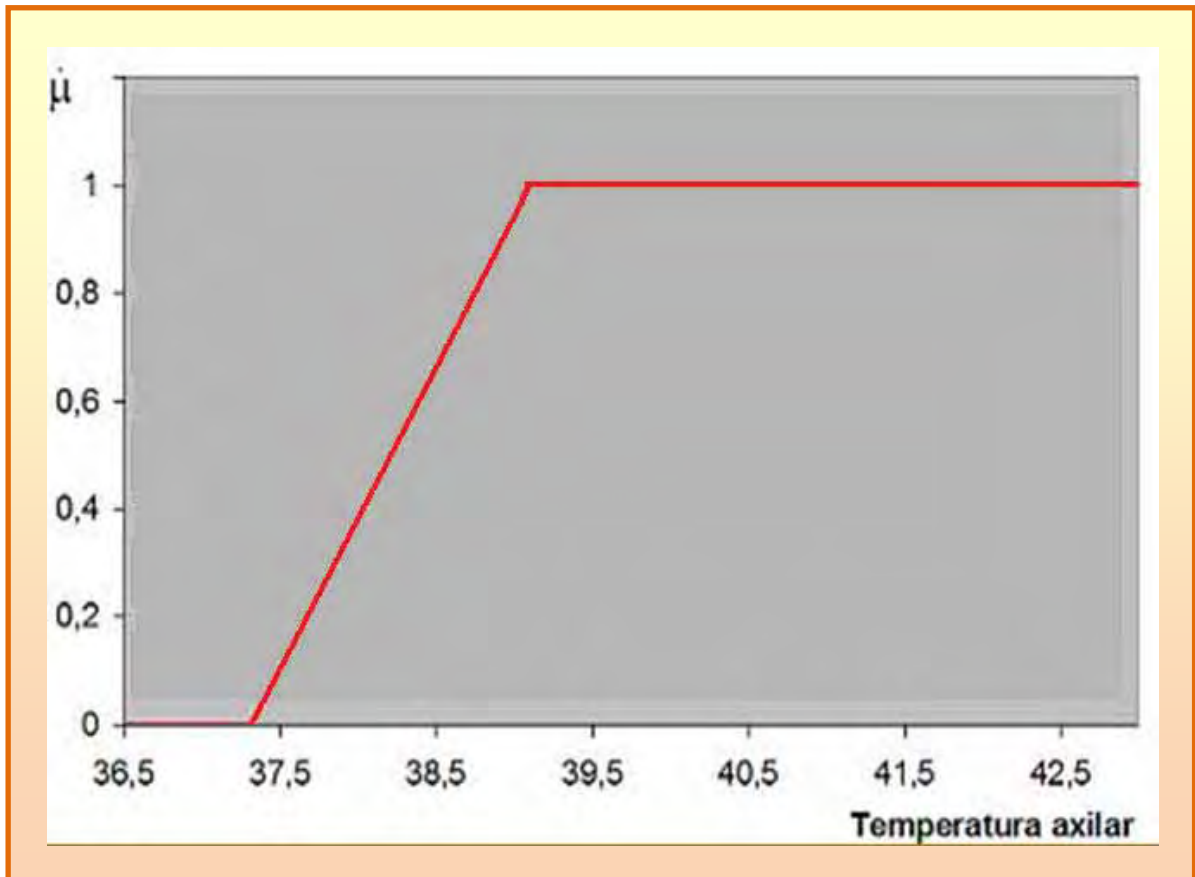
A idéia de grau de pertinência da lógica *fuzzy* nos possibilita agrupar os elementos de maneira diferente da aplicada na lógica clássica, o que nos permite reinterpretar antigos conceitos, elaborados segundo esta lógica. Os conceitos de saúde e doença, por exemplo, são vistos pela comunidade médica como opostos, ou seja, a doença é a ausência de saúde e vice-versa. Dessa forma, a existência de saúde e doença em um mesmo indivíduo consiste em uma situação contraditória. No entanto, na abordagem *fuzzy* os conceitos de doença e saúde são agora complementares ao invés de contraditórios. Sendo assim, um novo conceito de doença e saúde pode ser estabelecido, o que pode provocar transformações em outras construções conceituais da medicina, como a nosologia, por exemplo, (MASSAD et al., 2003).

O grau de pertinência não deve ser avaliado sob a ótica da teoria da probabilidade, mas sob a ótica das possibilidades, pois a *fuzziness* opera com conjuntos ambíguos, em que a cada elemento associam-se graus de pertinência intermediários, entre o pertencer completamente (100%) e não pertencer (0%) (LANZILLOTTI e LANZILLOTTI, 1999).

Como exemplo de Reis (2003), ao considerarmos como “febre alta” a condição em que a “temperatura axilar está por volta ou superior aos 39,5 °C”, provavelmente seria unânime a conclusão de que alguém com 36,0 °C não pertenceria ao conjunto dos pacientes portadores de febre alta. Por outro lado, se um paciente está com 39,0 °C de temperatura axilar, provavelmente as conclusões não seriam tão iguais, já que é claro a proximidade desta temperatura à do critério sugerido para febre alta, embora com menor intensidade do que aquele com 39,5 °C.

Portanto, ao representarmos os diferentes graus de pertinência de um dado elemento a um conjunto por valores reais variáveis de 0 a 1, sendo a não-pertinência representada pelo 0 e a pertinência completa por 1, poderíamos então definir graficamente a situação clínica acima conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Função de Pertinência ao conjunto *Fuzzy* que corresponde aos pacientes com febre alta (Temperatura axilar por volta de 39 °C ou maior)



É importante notar a transição gradual entre a não pertinência ($\mu=0$) e a pertinência completa ($\mu=1$) como expressão da percepção imprecisa do que se compreende por “por volta de”, impossível de caracterizar através da teoria clássica dos conjuntos. Assim sendo, poderíamos afirmar que, três pacientes com temperaturas axilares de 38,1, 38,9 e 39,9 °C pertenceriam ao conjunto dos pacientes portadores de febre alta, com graus de pertinência de 0,4, 0,8 e 1,0, respectivamente.

Esta extensão, da função característica da lógica clássica para o intervalo originou os conjuntos *fuzzy* e possibilitou, entre outras coisas, a utilização de variáveis lingüísticas, permitindo a exploração do conhecimento humano no desenvolvimento de muitos sistemas (MASSAD et al., 2003). Os conjuntos *fuzzy* e a lógica *fuzzy* permitem a modelagem de incertezas relativas ao espaço de hipóteses. Na Figura 1 são mostradas as diferenças entre a lógica clássica e a lógica *fuzzy*.

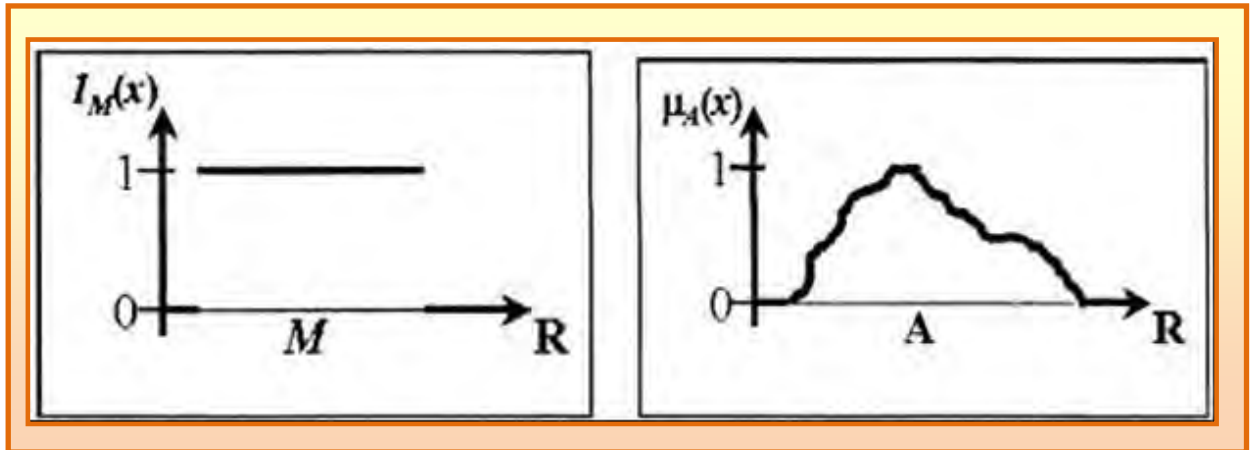


Figura 1 - Característica da função de um conjunto M e a função de pertinência do conjunto *fuzzy* (SCHUH, 2005).

Quando se raciocina com base na teoria clássica dos conjuntos, o conceito de pertinência de um elemento a um conjunto fica bem definido. Os elementos de um conjunto A em um determinado universo X simplesmente pertencem ou não pertencem àquele conjunto. Isto pode ser expresso pela função característica f_M :

$$F_M(X) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in M \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin M \end{cases}$$

O conceito *fuzzy* é introduzido generalizando-se a função característica de modo que ela possa assumir um número infinito de valores diferentes no intervalo $[0,1]$. Assim, um conjunto fuzzy A em X é um conjunto de pares ordenados

$$A = \{ \mu_A(x) / x \mid x \in X \} \quad (1)$$

onde $\mu_A(x)$ é a função de pertinência de x em A e é definida como o mapeamento de X no intervalo fechado $[0,1]$:

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

A função de pertinência indica o quanto um elemento pertence a um dado conjunto.

1.1.2 Modelos Lingüísticos

Nos modelos lingüísticos as equações diferenciais são substituídas por um conjunto de regras cuja construção abrange predicados vagos. Estes modelos são estruturados sobre uma base de conhecimentos e seu poder de decisão depende da elaboração das regras e dos mecanismos de raciocínio *fuzzy* (ORTEGA, 2001).

Para Feitosa (2006), os fenômenos quantitativos são interpretados pelas variáveis numéricas e, no entanto, essas variáveis não são adequadas para a modelagem de fenômenos qualitativos. Desse modo, as variáveis lingüísticas se colocam como a melhor opção de caracterização de fenômenos complexos ou imprecisos, em que seus valores, em vez de números, são palavras numa linguagem natural ou artificial qualquer. As variáveis lingüísticas assumem como valor palavras ou sentenças em certa linguagem. Como ilustração do conceito, consideremos a palavra “idade”. Apesar de fazer parte de nosso cotidiano, não temos, em ambientes numéricos, uma noção clara de seu significado. Por meio de conjuntos *fuzzy*, podemos atribuir noções aproximadas de “idade” da seguinte maneira: muito jovem, jovem, meia-idade, velho, muito velho, entre outros. Nesse ambiente, “idade” é uma variável lingüística e os termos da variável lingüística idade: muito jovem, jovem, meia-idade... são interpretados por meio de conjuntos *fuzzy*. Cada termo determina um conjunto *fuzzy* cuja função de pertinência seja apropriada ao termo. Essa característica local e contextualizada da lógica *fuzzy* a distancia da tradição lógica, centrada entre outros objetivos na busca da verdade. No mundo *fuzzy*, as verdades são sempre locais e aplicadas.

As chamadas variáveis lingüísticas constituem o “vocabulário” da lógica *fuzzy*, trazendo toda a incerteza presente no pensamento e na expressão oral do ser humano, para sistemas de decisão que priorizam o padrão e respeitam determinada metodologia

durante o cálculo computacional envolvido. A idéia relacionada à incerteza contida em uma determinada variável corresponde exatamente ao grau de possibilidade de que a informação nela contida seja realmente verdadeira ou não (JANÉ, 2004).

Segundo Lanzillotti e Lanzillotti (1999), a lógica *fuzzy* permite trabalhar com ambigüidade, abrindo uma perspectiva alternativa de estrutura que substitui a lei do meio excludente de Aristóteles pela lógica de Bertrand Russel, onde uma afirmativa ambígua pode ter valores entre zero e 1. A lógica *fuzzy* permite na prática, computar com palavras, convertendo os estímulos em respostas ou medidas em ações de controle.

Para Araújo (2006), o objetivo da lógica *fuzzy* é modelar aproximadamente o modo de raciocínio humano, visando desenvolver sistemas computacionais capazes de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão. A lógica *fuzzy* oferece um mecanismo para manipular informações imprecisas, tais como os conceitos de muito, pouco, pequeno, alto, bom, quente, frio, etc..

Os modelos lingüísticos representam boa parte dos trabalhos realizados com a teoria de lógica *fuzzy* nas mais diversas áreas. O sucesso desses modelos se deve principalmente a sua ampla aplicabilidade nos controladores *fuzzy* que são os responsáveis pelo rápido desenvolvimento da teoria de lógica *fuzzy* e da sua inserção na indústria e no aprimoramento de produtos de consumo (ORTEGA, 2001).

Em resumo, sabemos que as variáveis lingüísticas, características de conceitos vagos ou confusos, assumem as sub-variáveis *fuzzy* como seus valores e que essas são interpretadas por conjuntos *fuzzy*, possibilitando o resgate de algum conhecimento mesmo em termos aproximados ou vagos.

A lógica *fuzzy* permite criar sistemas especialistas utilizando variáveis lingüísticas para criar uma base de regras. Expressões lingüísticas são típicas da natureza humana de tomar decisões. Pessoas diferentes também podem ter diferentes aceções para o mesmo conceito lingüístico (BAUCHSPIESS, 2004).

1.1.3 Fuzificação, Inferência Fuzzy e Defuzificação

Fuzificação é um mapeamento do domínio dos números reais discretos, em geral, para o domínio *fuzzy*. Este processo atribui valores lingüísticos, definidos por funções de pertinência, as variáveis de entrada (SIMÕES, 1999).

Inferência *fuzzy* é a etapa na qual as regras são definidas e depois são examinadas paralelamente, engloba a definição e a análise das regras e também a criação da região resultante.

Defuzificação é o método utilizado para decodificar as variáveis lingüísticas de saída inferidas pelas regras *fuzzy* para valores reais. Esta etapa corresponde a ligação funcional entre as regiões *Fuzzy* e o valor esperado. Os principais métodos de defuzzificação são o Centro-da-Área, o Centro-do-Máximo, a Média-do-Máximo e a Média-Ponderada (SIMÕES, 1999).

Segundo Tanscheit (1995), um sistema *fuzzy* pode ser descrito conforme a Figura 2.

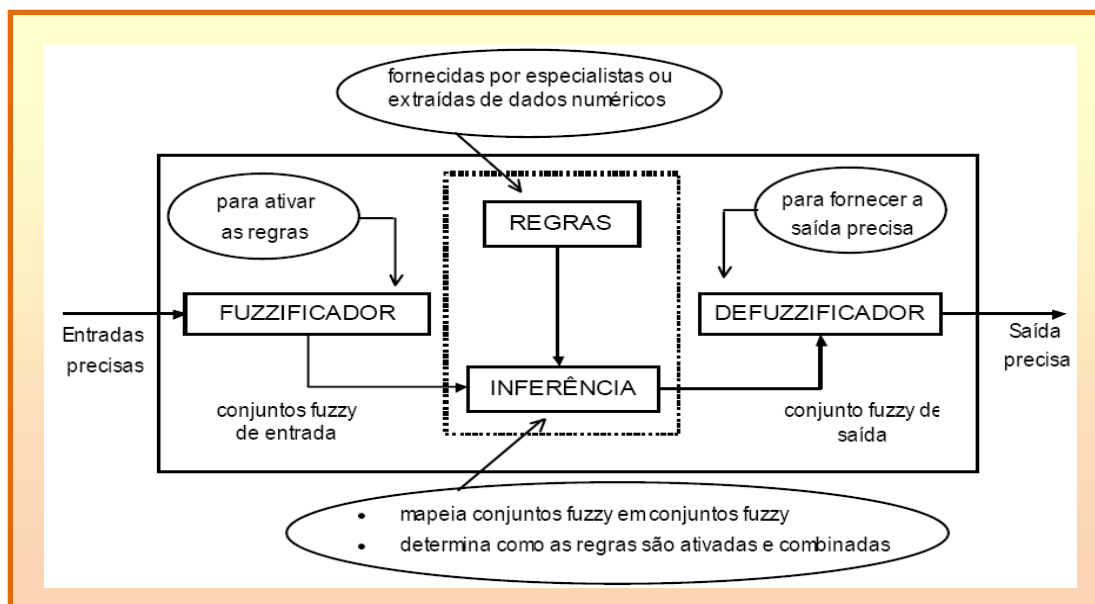


Figura 2 - Sistema Fuzzy (TANSCHUIT, 1995)

Um sistema especialista é um exemplo em larga escala e de amplo sucesso prático para a inteligência artificial. Um sistema especialista é um sistema

computacional que toma, em tese, uma decisão em uma limitada área do conhecimento da mesma forma que um especialista humano poderia fazer como, por exemplo, a análise do controle de estoque de um supermercado, ou a identificação de uma determinada doença de pele, entre outras. Um sistema especialista se baseia em um conjunto de regras do tipo **se... então...** Um sistema típico pode possuir milhares de implicações (FEITOSA, 2006).

Conforme descreveu Bauchspiess (2004), sistemas *fuzzy* são sistemas baseados em conhecimento (sistemas especialistas). Um *expert* humano cria a base de conhecimento na forma de um banco de regras. Um usuário humano consulta o sistema especialista apresentado fatos à base de fatos.

A máquina de inferência deduz informações novas ao comparar fatos com as premissas das regras.

1.1.4 Aplicações da Lógica *Fuzzy*

Descrito por Ortega (2001), Feitosa (2006) o conceito de subconjuntos *fuzzy* e lógica *fuzzy* enfrentaram (e enfrentam) uma resistência cerrada por parte da comunidade científica tradicional, em especial dos estatísticos norte-americanos. No entanto, tais conceitos foram muito bem aceitos nos países de cultura oriental, especialmente o Japão, em função das características próprias de sua cultura. Para Yen (1995) por essa razão, vieram do Japão as primeiras aplicações e desenvolvimentos tecnológicos propiciados pela lógica *fuzzy*, os quais estão citados a seguir:

- **Primeira década (1965 – 1975):** pesquisadores em matemática e engenharia trabalham arduamente para ampliar os conceitos oriundos dos subconjuntos *fuzzy*, estabelecem os fundamentos da introduzem conceitos novos e desenvolvem outras abordagens da teoria, como as relações *fuzzy*, as variáveis lingüísticas, os processos de decisão *fuzzy*, a medida *fuzzy*, sistemas topológicos, álgebra com números *fuzzy*, etc.

- **Em 1972:** nasce o primeiro grupo de trabalho sobre sistemas *fuzzy*, no Japão, coordenado por pelo professor Toshiro Terano;
- **Em 1974:** é apresentado o primeiro controlador *fuzzy*, por E. Mamdani, no Reino Unido e amplia se o interesse e aplicabilidade dos sistemas *fuzzy*, sendo um capítulo importante para o desenvolvimento desta teoria;
- **Em 1976:** Circle Cemente e SIRA, empresas dinamarquesas, fazem a primeira aplicação industrial da lógica *fuzzy*, utilizado-a no controle da temperatura de fornos. O sistema de controle incorporava características e experiências dos operários;
- **Em 1977:** surge o primeiro sistema especialista *fuzzy*, desenvolvido na Alemanha por Zimmermann e, nesse mesmo ano, Didier Dubois desenvolve um extenso trabalho sobre condições de tráfego utilizando-se da teoria de subconjuntos *fuzzy*;
- **Em 1985:** os pesquisadores do laboratório Bell (USA), Masaki Togai e Hiroyuki Watanabe, constroem o primeiro chip *fuzzy* e no mesmo ano no Japão inaugura uma estação de tratamento de água inteiramente controlada por sistemas *fuzzy*;
- **Em 1986:** desenvolve-se o primeiro sistema especialista *fuzzy* para o diagnóstico de doenças;
- **Em 1987:** é inaugurado no Japão o primeiro trem com sistema de controle totalmente *fuzzy*, na cidade de Sendai e também no mesmo ano a empresa Yamaha desenvolve o helicóptero Yamaha-50, não tripulado e totalmente controlado por controle *fuzzy*;
- **Em 1988:** deu-se início ao primeiro sistema de comércio financeiro *fuzzy* no Yamaichi *Fuzzy Fund*;
- **Em 1989:** é criado o Laboratório para Pesquisa Internacional em Engenharia *Fuzzy*, no Japão;

- **Em 1990:** a tecnologia se torna popular e invade os lares japoneses através da primeira máquina de lavar roupas *fuzzy*, da Matsushita Electric Industrial Co., marcando o início do desenvolvimento dos produtos de consumo.

Hoje as grandes empresas mundiais de tecnologia, tais como Siemens, General Motors, SGS-Thomson, Motorola, Hewlett-Packard, Daimler-Benz, dentre outras, possuem grandes laboratórios de pesquisa em lógica *fuzzy*.

A partir dos anos 90s, a lógica *fuzzy* tem tido aplicações em sistemas de decisão, em sistemas de controle e no delineamento de perfis comportamentais de sistemas operacionais, sobretudo nas áreas onde é necessário lidar com a imprecisão.

Dentre os trabalhos mais recentes pode ser citados:

- **Em 2002:** Aplicação da lógica *fuzzy* de controle e do Raciocínio Baseado em Casos na indústria de processo contínuo (SELLITTO, 2002).

- **Em 2003:** Aplicação da lógica *fuzzy* na determinação da presença de camada interfundida em chapa de aço com revestimento de níquel (SILVA, 2003).

- **Em 2004:** Controle Automático de Trens Utilizando Lógica *Fuzzy* Preditiva (RACHEL, 2004).

- **Em 2006:** Desenvolvimento de um modelo *fuzzy* para determinação do calor latente (SOUZA, 2006).

- **Em 2007:** Lógica *Fuzzy* como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental (PAULA, 2007), e o Modelo de previsão da evolução do biodiesel no Brasil utilizando lógica *fuzzy* (COELHO, 2007).

1.1.4.1 Aplicações da Lógica *Fuzzy* na Medicina

A aplicação dessa teoria na área médica tem demonstrado grande capacidade para aprimorar e desenvolver tanto equipamentos quanto modelos nas mais diversas atividades hospitalares e de pesquisa (MASSAD et al., 2003).

Segundo Lanzillotti e Lanzillotti (1999), a adoção da sistemática *fuzzy* é uma ferramenta útil para flexibilizar procedimentos em análise sensorial. O destaque para as possibilidades de um uso mais difundido está na vantagem de aplicá-la a amostras reduzidas de caráter não aleatório, e mais ajustável às circunstâncias nas quais a alimentação coletiva opera. A sistemática pode autorizar ou não o lançamento de novos produtos ou a melhoria de processos produtivos, mostrando através de um processo decisório a viabilidade da aceitabilidade destes.

Assim, a principal vantagem da sistemática *fuzzy* é que o avaliador não é forçado a uma formulação rígida, podendo manifestar sua satisfação com o produto de forma coloquial, escapando das regras habituais da análise sensorial.

Talvez em nenhum outro campo da biociência a necessidade de estruturas matemáticas e computacionais, que possibilitem lidar com as imprecisões e incertezas de forma mais crítica e realista, seja tão evidente quanto na medicina.

O diagnóstico de doenças envolve vários níveis de imprecisão e incerteza. Uma única doença pode se manifestar de forma totalmente diferente em diferentes pacientes, e com vários graus de severidade. Além disso, um único sintoma pode ser indicativo de várias doenças distintas, e a presença de outras doenças em um mesmo indivíduo pode alterar completamente o padrão sintomático esperado para qualquer uma delas. Estes efeitos costumam serem geradores de muitas incertezas e imprecisões afetando as interpretações dos exames e o diagnóstico.

Tem-se ainda, que as doenças são geralmente descritas com a utilização de termos lingüísticos, que são intrinsecamente vagos, e que muitas são as variáveis *qualitativas* em medicina, o que apresenta dificuldades na utilização de métodos *quantitativos* (MASSAD et al., 2003).

Em medicina a incerteza não se restringe apenas a variações aleatórias. Nessa área podem-se agrupar as incertezas em duas classes: a variabilidade, originada da heterogeneidade da população ou de estocasticidade; e a ignorância parcial, que resulta de erros sistemáticos de medida (imprecisão) ou do desconhecimento de parte do processo considerado (subjetividade). Portanto, variabilidade e ignorância devem ser tratados com diferentes e apropriados métodos (MASSAD et al., 2003).

No caso da variabilidade a Teoria de Probabilidades (estatística) é em geral o método mais indicado, porém, a mesma não consegue, na maioria das vezes, abordar o problema da ignorância e da subjetividade. Esses últimos podem ser tratados, entre outros métodos, com a análise bayesiana e com a teoria de lógica *fuzzy*.

Isto vai ao encontro do pensamento de Ortega (2001), para quem os sistemas biológicos, médicos e epidêmicos apresentam vários tipos de incertezas inerentes aos seus processos. Muitas dessas incertezas têm sido tratadas de forma eficiente com modelos estatísticos e Bayesianos.

Todavia, essas áreas ainda carecem de estruturas matemáticas que possibilitem o tratamento das incertezas não-estatísticas típicas de alguns desses sistemas. Além disso, a utilização de termos lingüísticos para expressar quantitativamente as variáveis é muito comum em algumas dessas áreas.

Os primeiros estudos médicos aplicando lógica *fuzzy* se deram na década de 80. Nos últimos anos tem havido um número significativo de pesquisas na área da saúde com a aplicação da lógica *fuzzy*, dentre as quais podemos citar:

- **Em 1992:** Gorzalczany realizou a combinação de redes neurais e lógica *fuzzy* como base para sistemas médicos especialistas.

- **Em 1998:** Helgason realizou um estudo sobre acidente cerebrovascular e conjuntos *fuzzy* associados à medicina baseada em evidências (HELGASON, 1999).
- **Em 2002:** Nascimento e Ortega com o trabalho Modelo *Fuzzy* para estimação do risco de morte neonatal (NASCIMENTO; ORTEGA, 2002).
- **Em 2004:** Reis (2004) com o estudo sobre sistema especialista *fuzzy* na predição da ressuscitação neonatal. Pereira (2004) com o estudo sobre os sinais clínicos da pneumonia nas crianças utilizando associação e predição do diagnóstico pela teoria de conjuntos *fuzzy*. Em 2004 Wong utilizou sistemas pré-clínicos para diagnosticar a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) utilizando lógica *fuzzy*.
- **Em 2005:** Schuh (2005) descreve em seu trabalho os conjuntos *fuzzy* e suas aplicações em medicina. Nascimento (2005) com o estudo dos fatores associados ao comprometimento neurológico do lactente com baixo peso ao nascer, a idade gestacional e as situações de asfixia neonatal e perinatal.
- **Em 2006:** Sousa (2006) com a utilização da lógica *fuzzy* na regressão logística na decisão para prática de Cintilografia das paratireóides. Em 2006 Zaghetto usou a lógica *fuzzy* para codificar imagens de ecocardiogramas; no mesmo ano Ellingson (2006) realizou análises morfométricas combinando imagens tradicionais da coluna dorsal humana e lógica *fuzzy* e Villeger (2006) desenvolveu um método utilizando imagem de ressonância magnética e lógica *fuzzy* para estimular áreas cerebrais. Marques (2006) realizou um estudo com um sistema de inferência *fuzzy* para interpretação da frequência cardíaca fetal em exames Cardiotocográficos; Mattos (s.d.) utilizou a lógica *fuzzy* no desenvolvimento de um sistema para controle da assistência respiratória em neonatos; Lopes (2006) fez um modelo baseado em lógica *fuzzy* para o diagnóstico diferencial de enfermagem em alterações na eliminação urinária.
- **Em 2007:** Castanho (2007) aplicou um sistema neuro-*fuzzy* para prognóstico de câncer de próstata. Huang (2007) desenvolveu um sistema de diagnóstico para imagem através de medicina nuclear e lógica *fuzzy*; Younesi (2007) utilizou entropia

fuzzy e imagem digitalizada para descobrir massa em mamogramas. Estas pesquisas deixam clara a importância que a aplicação da lógica *fuzzy* tem nos dias atuais na área da saúde.

1.2 RISCO DE MORTE NEONATAL

De acordo com Reis (2003) as definições de risco incluem sempre a probabilidade ou chance de ocorrência de consequências adversas, denotando uma tendência implicitamente negativa, de perda. Com o advento dos conceitos do gerenciamento de riscos na década de 1980, o risco passou a ser definido como a probabilidade de ocorrência de um evento particular durante um período definido ou como consequência de um estímulo particular (ADAMS, 2001).

Esforços também têm sido concentrados na identificação de gravidade de doença neonatal, com a criação de sistemas para a predição de morbidade e mortalidade neonatais, também conhecidos como “sistemas de escores de risco neonatal”, tais como:

- O SNAP (*Score for Neonatal Acute Physiology* – Escore para Fisiologia Neonatal Aguda) é baseado em 34 variáveis, conforme Figura 3, avaliadas no pior momento das primeiras 24 horas após a internação do paciente (RICHARDSON, 1993; ZARDO, 2003). De acordo com Garcia (2001) o SNAP é um escore para recém-nascidos inspirado no escore APACHE, utilizado em UTI adulto, tendo a vantagem de considerar e pontuar valores para reserva fisiológica, permitindo assim, ser utilizado em todos os recém-nascidos, não levando em consideração a idade gestacional e/ou peso ao nascer.

Figura 3 - SNAP adaptada de Richardson, 1993

- O SNAP-PE (*Score for Neonatal Acute Physiology – perinatal Extension* – Escore para Fisiologia Neonatal Aguda – Extensão Perinatal), demonstrado na Figura 4, acrescenta ao SNAP o peso de nascimento, a classificação de pequeno para a IG e o escore de Apgar no 5º minuto de vida (RICHARDSON, 1993).

Figura 4 - SNAP PE, adaptada de Richardson 1993

- O CRIB (*Clinical Risk for Babies*) Richardson (1993); Richardson (2001) avalia 6 fatores nas primeiras 24 horas de vida, sendo somente apropriado para recém nascido com menos de 31 semanas de IG e/ou com peso de nascimento de até 1.500g,

mostrada na Figura 5 abaixo. Para Garcia (2001), este escore não permite a avaliação do recém-nascido a termo criticamente enfermo.

(Clinical Risk Index for Babies)		
Birthweight (g) ☐ > 1350 ☐ 851-1350 ☐ 701-850 ☐ < or = 700	Gestation (wk) ☐ > 24 ☐ < or = 24	Congenital malformation (excluding inevitably lethal malformation) ☐ None ☐ Not acutely life-threatening ☐ Acutely life-threatening
Maximal Base Excess in first 12 h (mmol/L) ☐ > - 7 ☐ - 7 to - 9.9 ☐ - 10 to -14.9 ☐ < or = - 15	Minimum appropriate FIO₂ in first 12 h (TcPO ₂ or PaO ₂ = 6.7-10.7 kPa or SaO ₂ = 88-95%) ☐ <= 0.4 ☐ 0.41 - 0.60 ☐ 0.61 - 0.90 ☐ 0.91 - 1.00	Maximum appropriate FIO₂ in first 12 h (TcPO ₂ or PaO ₂ = 6.7-10.7 kPa or SaO ₂ = 88-95%) ☐ <= 0.4 ☐ 0.41 - 0.60 ☐ 0.61 - 0.90 ☐ 0.91 - 1.00
Total CRIB points		

Figura 5 - CRIB adaptado de *The International Neonatal Network*, 1993

- Recentemente, Richardson et al. (2001), desenvolveram e validaram o SNAP II e o SNAP PE II que podem nos responder o que procuramos através de teste simples aplicados para diagnóstico neonatal. O SNAP II, conforme visualizado na Figura 6 diminuiu o número de itens a serem avaliados para apenas seis, já o SNAP PE II (Figura 6), aumentou sua pontuação atribuída às variáveis perinatal, ficando assim, mais semelhantes às variáveis fisiológicas no final do escore. As avaliações das variáveis são nas primeiras 12 horas de vida, diminuindo a interferência do tratamento no escore.

(Score for Neonatal Acute Physiology and SNAP Perinatal Extension)		
Variables	Values	Points
Mean Blood Pressure		0
Lowest temperature		0
P0 ₂ (mmHg) / FIO ₂ (%)		0
Lowest serum pH		0
Multiple seizures		0
Urine output (mL/kg.h)		0
SNAP II: 0		
Apgar score		0
Birth weight		0
Small for gestational age (help)		0
SNAPPE II: 10 mortality: see below		
Data are collected within the first 12 hours after admission to the NICU		

Figura 6 - SNAP II e SNAP PE II adaptado de Richardson (2001)

Esses sistemas têm se mostrado especialmente úteis para a correção por morbidade na comparação de resultados de diferentes unidades neonatais (RICHARDSON, 1999).

Apesar de estes sistemas serem muito úteis alguns utilizam exames laboratoriais, tornando-os invasivos, o que acaba tornando-os mais um fator de risco para os prematuros.

Para a OMS a mortalidade neonatal está definida como a morte que acontece até 28 dias de vida e é um importante indicador de saúde de população. Este indicador provê informação sobre bem-estar social e aspectos éticos e políticos de uma população sob certas condições.

Baixo peso ao nascimento (BPN), recém-nascido pré-termo (RNPT), hipóxia neonatal, relacionando com o nascimento de criança morta são as causas principais de mortalidade neonatal.

Há uma classificação para pré-termo, hipóxia neonatal e crianças de baixo peso ao nascer. Crianças com menos que 2.500g são consideradas baixo peso ao nascer, e entre elas, aquelas pesando menos que 1.500g são consideradas muito baixo peso ao nascer (ABRAMS, 1991). Correspondentemente, crianças que nascem antes de ter completado 37 semanas de gestação são consideradas pré-termo. A vitalidade neonatal é avaliada pelo escore Apgar abaixo de 7, o escore varia de zero a 10 pontos. A hipoxemia é a deficiência anormal de oxigênio no sangue arterial e a asfixia é a interrupção da ventilação que leva a hipoxia com diminuição do pH sangüíneo e comprometimento neurológico como também de outros órgãos.

1.2.1 UTI Neonatal

A Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) é o local que concentra os principais recursos, humanos e materiais, necessários para dar suporte ininterrupto às funções vitais dos recém nascidos ali internados.

Nela há equipes especializadas de médicos, enfermeiros, fonoaudiólogos, fisioterapeutas, psicólogos, nutricionistas, além de outros profissionais de saúde e pessoal de apoio, contando com a retaguarda de exames complementares, laboratoriais e radiológicos, tudo funcionando 24 horas por dia.

Equipamentos modernos como incubadoras de última geração, respiradores artificiais, monitores cardíacos e de oxigenação, entre muitos outros, são obrigatórios neste ambiente, de modo a garantir todos os cuidados para o recém nascido.

Quanto mais prematuro e baixo peso for o recém nascido, maior a chance de ocorrências indesejáveis. Os problemas de saúde mais freqüentes no recém nascido prematuro são a asfixia perinatal, os distúrbios respiratórios, cardiocirculatórios, neurológicos, metabólicos, as infecções, dentre outros, relacionados na maioria das vezes, com o desenvolvimento imaturo do recém nascido.

O risco de óbito desses prematuros pode ser muito elevado, tornando-os um grupo particular para o estudo de avaliação de desempenho das UTIN.

1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo para avaliar o risco de óbito em recém nascidos internados em uma UTIN utilizando técnicas de uma abordagem *fuzzy*.

2 METODOLOGIA

Estudo longitudinal, propondo um modelo computacional usando um modelo lingüístico *fuzzy* para avaliar o risco de morte neonatal em UTIN.

Foram incluídos os recém-nascidos admitidos na UTIN de um hospital terciário e privado da cidade de Taubaté-SP, no período de 01 de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2006.

Este modelo é baseado na *fuzificação* das variáveis: peso ao nascer (PN), idade gestacional (IG), escore de Apgar no 5º minuto e a fração inspirada de oxigênio (FiO₂).

Foram incluídos todos os recém-nascidos que tinham, em seus prontuários, anotados os seguintes dados: peso ao nascer, idade gestacional, escore de Apgar 5'e a fração inspirada de oxigênio. Foram excluídos aqueles que não apresentavam uma ou mais variáveis. Estes dados foram obtidos nas primeiras horas após a internação na UTIN.

O modelo foi desenvolvido com o auxílio de especialista que elaborou 3 conjuntos *fuzzy* para a variável peso ao nascer (Figura 7): muito baixo peso, baixo peso e peso normal; 3 conjuntos *fuzzy* para a variável idade gestacional (IG) (Figura 8): muito pré-termo, pré-termo e termo; 3 conjuntos *fuzzy* para a contagem Apgar (Figura 9): baixo, médio e alto; e 2 conjuntos *fuzzy* para a variável FiO₂ (Figura 10): baixa e alta. A saída é o risco de morte com as 5 variáveis (Figura 11): muito alto, alto, médio alto, médio e baixo.

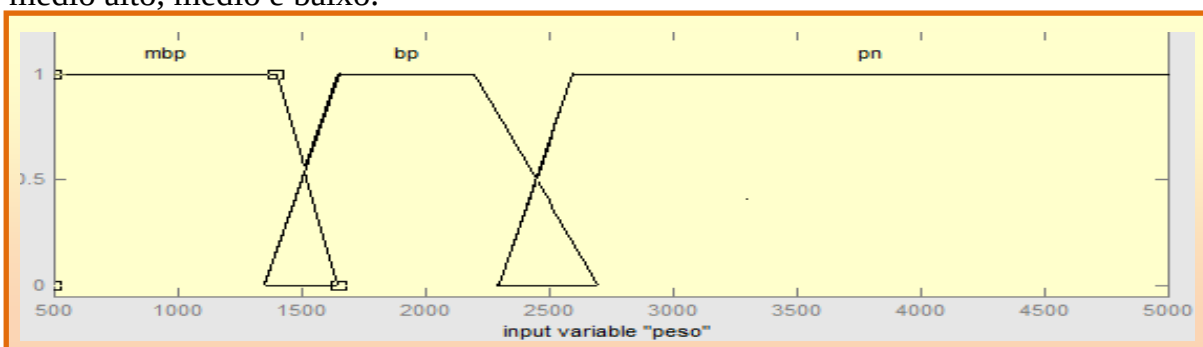


Figura 7 - Conjunto *fuzzy* para peso ao nascer (g) (mbp: muito baixo peso, bp: baixo peso e pn: peso normal)

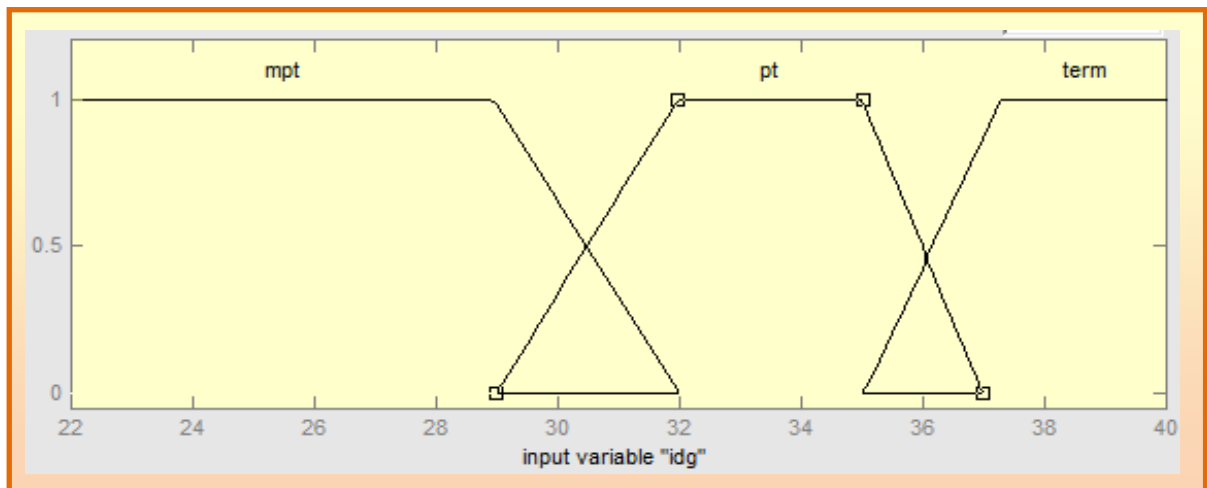


Figura 8 - Conjunto *fuzzy* para idade gestacional (semanas) (mpt: muito pré-termo, pt: pré-termo e term: termo)

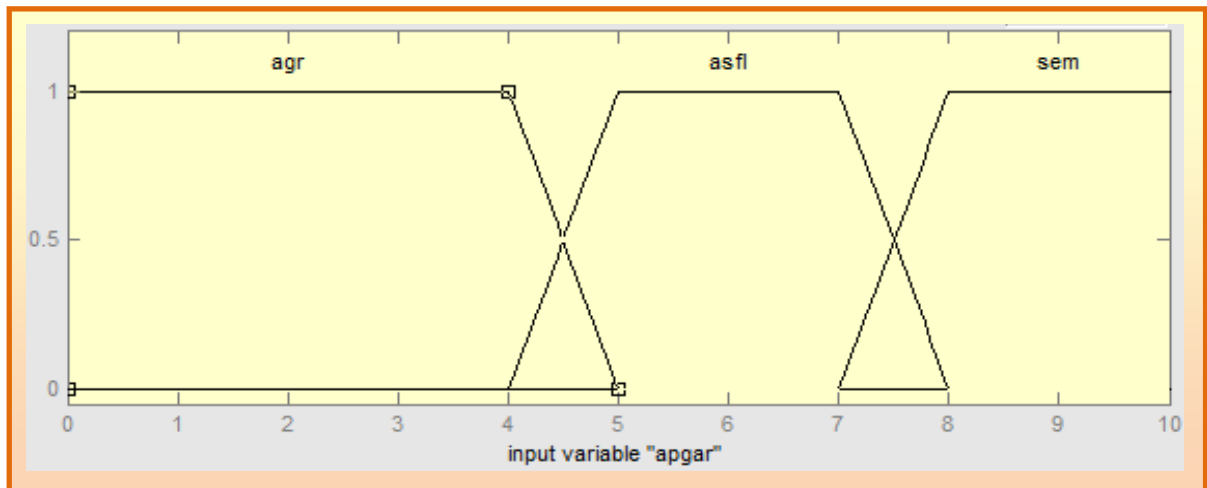


Figura 9 - Conjunto *fuzzy* para contagem de Apgar (agr: asfixia grave, asfl: asfixia leve, sem: sem asfixia)

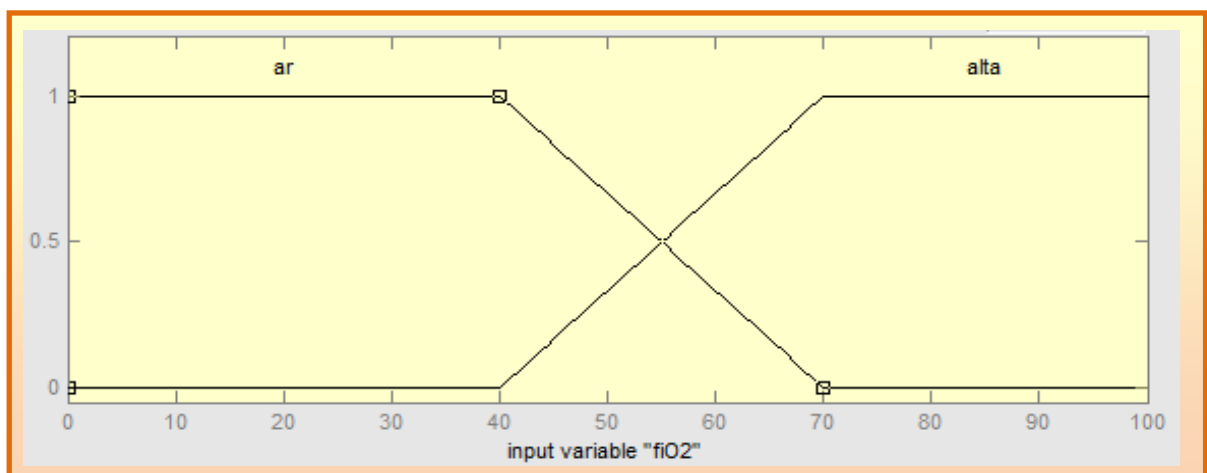


Figura 10 - Conjunto *fuzzy* para FiO2 (%)

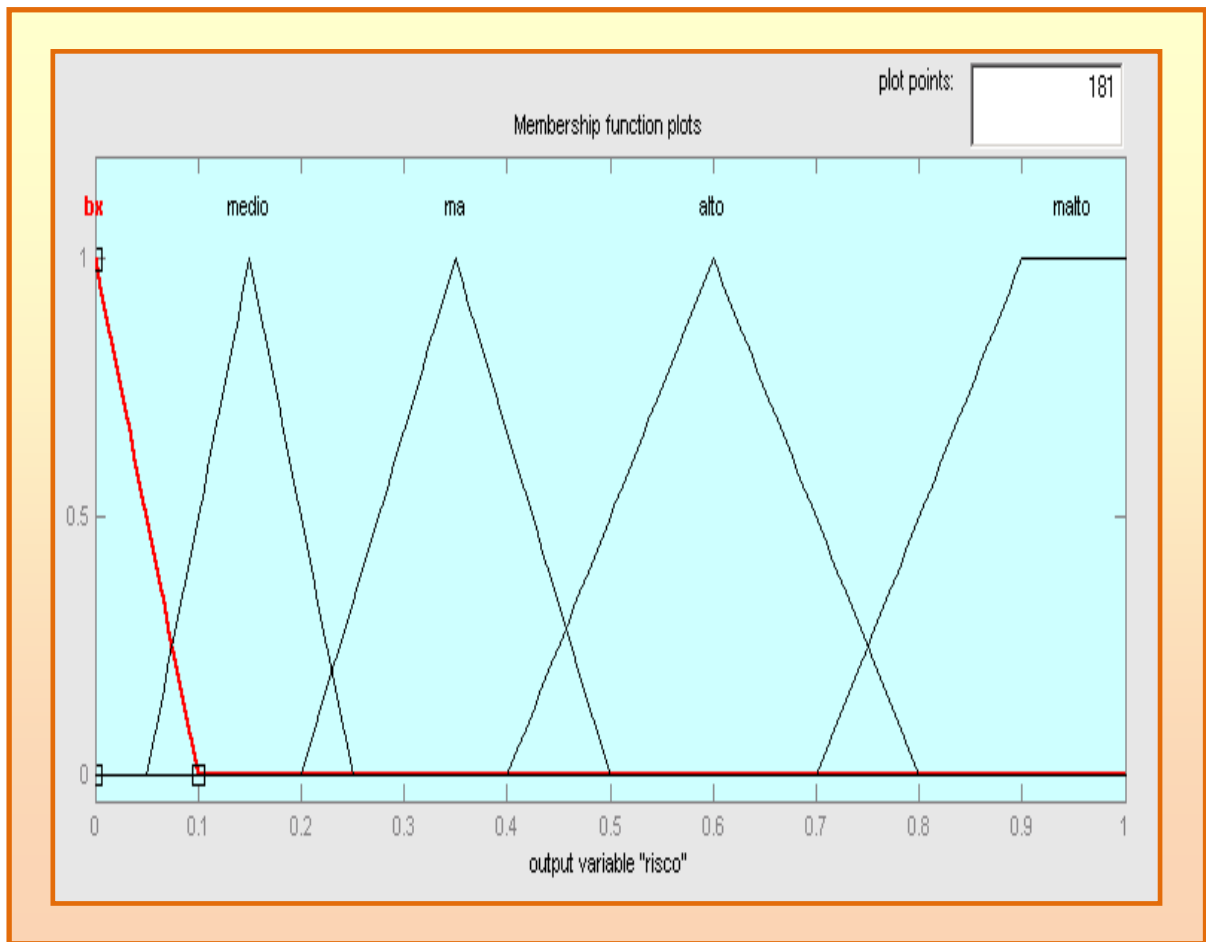


Figura 11 - Risco da morte (bx: baixo, médio, ma: médio alto, alto e muito: muito alto)

Ao se combinarem todas as possíveis entradas, foi possível a construção de 54 regras, destas 14 foram excluídas, restando assim, 40 regras de entrada. As regras excluídas não apresentarem coerência com as situações clínicas, como por exemplo: neonato nascido com idade gestacional muito pré-termo, com peso ao nascer normal, asfixia grave e fração inspirada de oxigênio baixa. Algumas regras são apresentadas na Figura 12.

O procedimento do modelo lingüístico *fuzzy* dadas as entradas acima para todos os recém nascidos, consiste em calcular o grau de pertinência destes valores em todos os conjuntos *fuzzy* do peso ao nascer, IG, escore de Apgar e da FiO₂. Em seguida, o risco da morte neonatal é determinado pela *defuzificação* dos conjuntos *fuzzy* das regras, usando a inferência de Mamdani e a *defuzificação* da saída *fuzzy* (Figura 13), usando o centro de área.

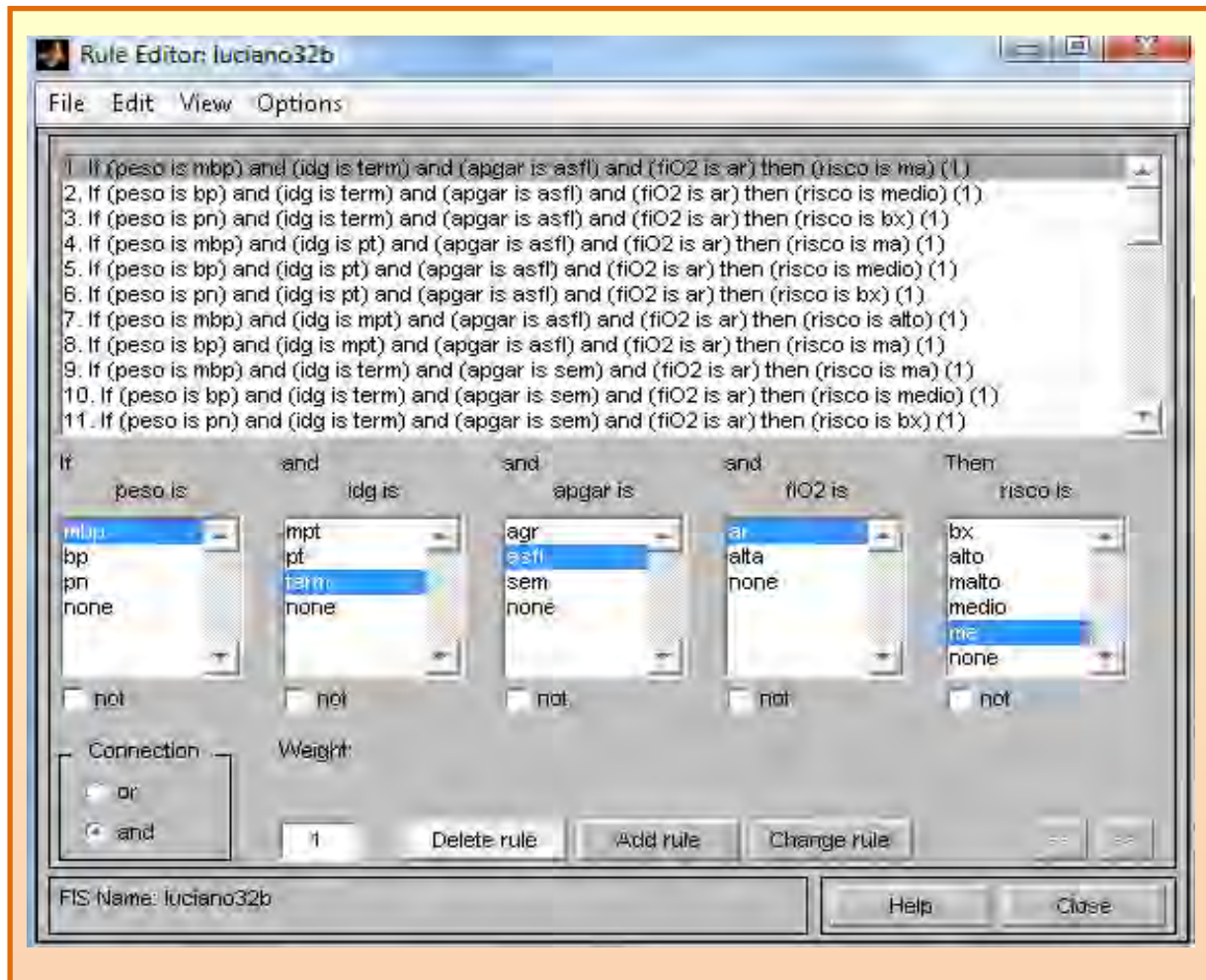


Figura 12 - Regras fuzzy

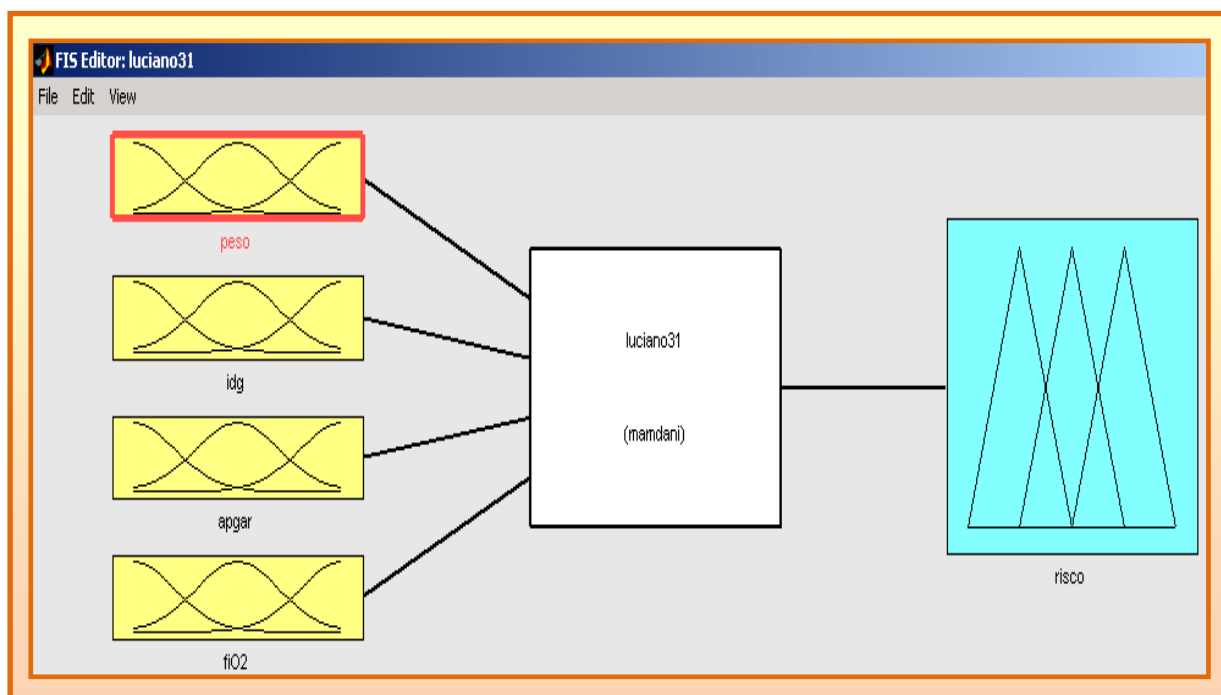


Figura 13 – Sistema Fuzzy

Para validar o modelo foram oferecidos 25 casos, situações reais, para 4 especialistas em neonatologia, todos com mais de 10 anos de experiência e titulados pela Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP) para que estimassem o risco de óbito na UTIN; em seguida foram estimadas as médias entre os 4 especialistas para estes 25 casos. As situações foram analisadas pelo modelo construído. Os valores obtidos em ambas as situações, modelo e especialistas, foram correlacionados através da correlação de Pearson, obtendo-se o coeficiente de correlação (r) e a significância estatística desta correlação.

Os dados das variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar e fração inspirada de oxigênio foram inseridos em uma planilha Excel e através de uma rotina do programa MATLAB®, foi importada para o modelo *fuzzy* fornecendo os riscos de óbito para cada caso.

A acurácia juntamente com seu intervalo de confiança de 95% foi estimada utilizando-se a curva ROC fornecida pelo programa SPSS versão estudante^(MR).

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do hospital para a sua realização na data de 08 de novembro de 2006, conforme ANEXO A.

Foi utilizada uma ficha (APÊNDICE A) para a coleta dos dados que permitiu obter as informações contidas no prontuário que seriam relevantes à pesquisa. Essa ficha continha dados de interesse referente ao número do prontuário, peso ao nascer, IG, Apgar 5', FiO₂, Saturação de oxigênio (SatO₂) e a variável de saída, alta ou óbito.

3 RESULTADOS

O Modelo *Fuzzy* forneceu o risco de óbito em uma UTIN de um hospital de atendimento privado.

Durante o período de estudo, 100 RN preencheram os critérios de inclusão. Deste total, 8 crianças foram a óbito (8%).

A média, desvio padrão (dp), mínimo e máximo das variáveis peso, IG, Apgar, FiO₂ e risco de morte estão demonstradas na tabela 1 .

Tabela 1 - Valores das médias, dp, mínimos e máximos das variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, fração inspirada de oxigênio, segundo tipo de saída alta ou óbito, Taubaté 2008

	Média	dp	Mínimo	Máximo
Peso (g)	2158,8	758,7	425,0	4260
IG (semanas)	34,1	3,3	20,0	41,0
Apgar	8,5	1,5	2,0	10,0
FiO ₂ (%)	54,9	28,5	21,0	100,0
Risco(%)	26,1	19,7	3,0	89,4

Na tabela 2 são apresentados os valores médios das variáveis peso ao nascer, IG, Apgar, FiO₂ e do modelo, em relação a alta e óbito e os respectivos valores -p.

Tabela 2 - Valores médios das variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, fração inspirada de oxigênio, segundo tipo de saída alta ou óbito, Taubaté 2008

	Alta (92)	Óbito (8)	p*
Peso ao nascer(g)	2233,0	1301,0	0,001
IG(semanas)	34,4	30,0	<0,001
Apgar	8,6	6,4	<0,001
FiO ₂ (%)	53,4	72,0	0,08
Risco Modelo(%)	24,0	49,7	<0,001

*Obtidas pelo teste *t Student*

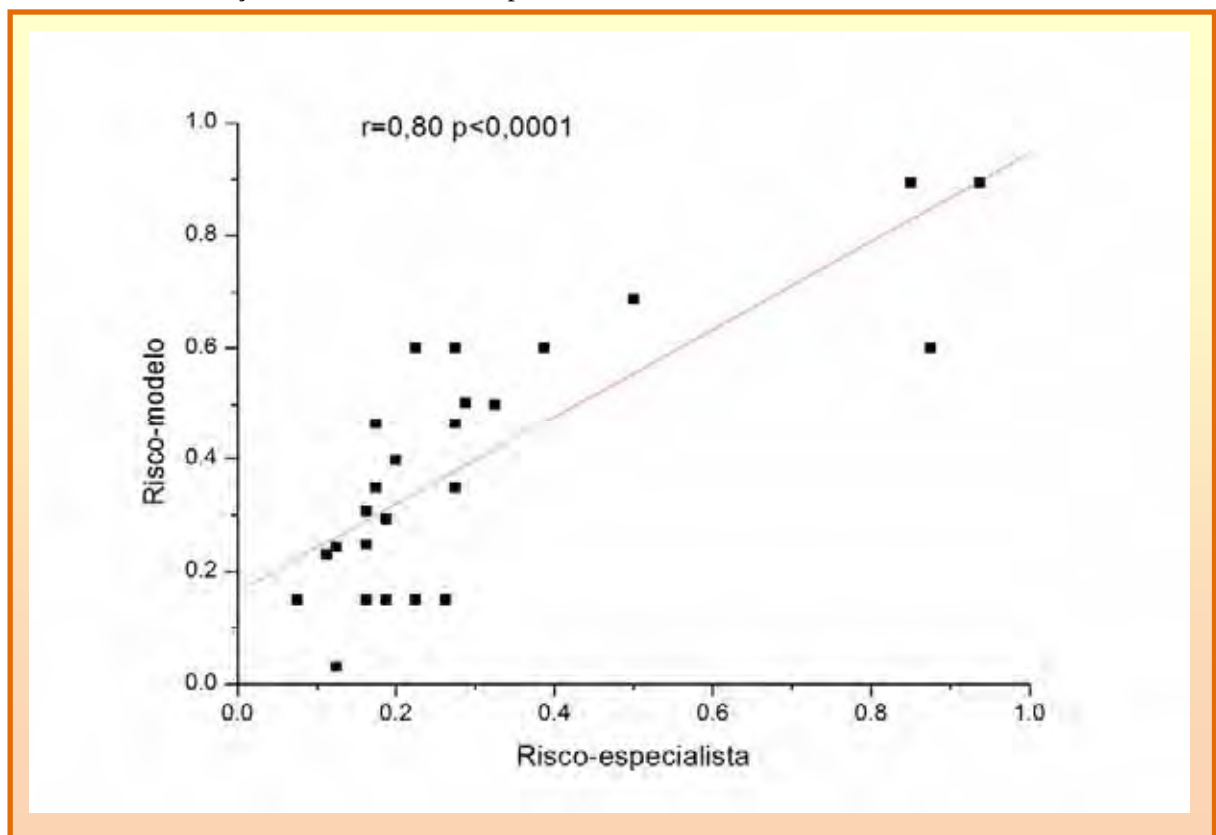
As possibilidades médias para alta foi de 24% (dp=17,5%) e para óbito foi de 49,7% (dp=29,3%).

Estes valores são diferentes quando comparados pelo teste *t Student* ($t = 2,44$) mostrou que são diferentes com significância estatística $p < 0,001$.

Pode-se observar que as variáveis peso ao nascer, idade gestacional e Apgar são significativamente maiores para alta ao contrário da variável FiO_2 .

A correlação entre a média dos valores fornecidos por 4 especialistas de 25 casos reais desta UTIN e os valores fornecidos pelo modelo estão no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Correlação entre o risco dos especialistas e o modelo

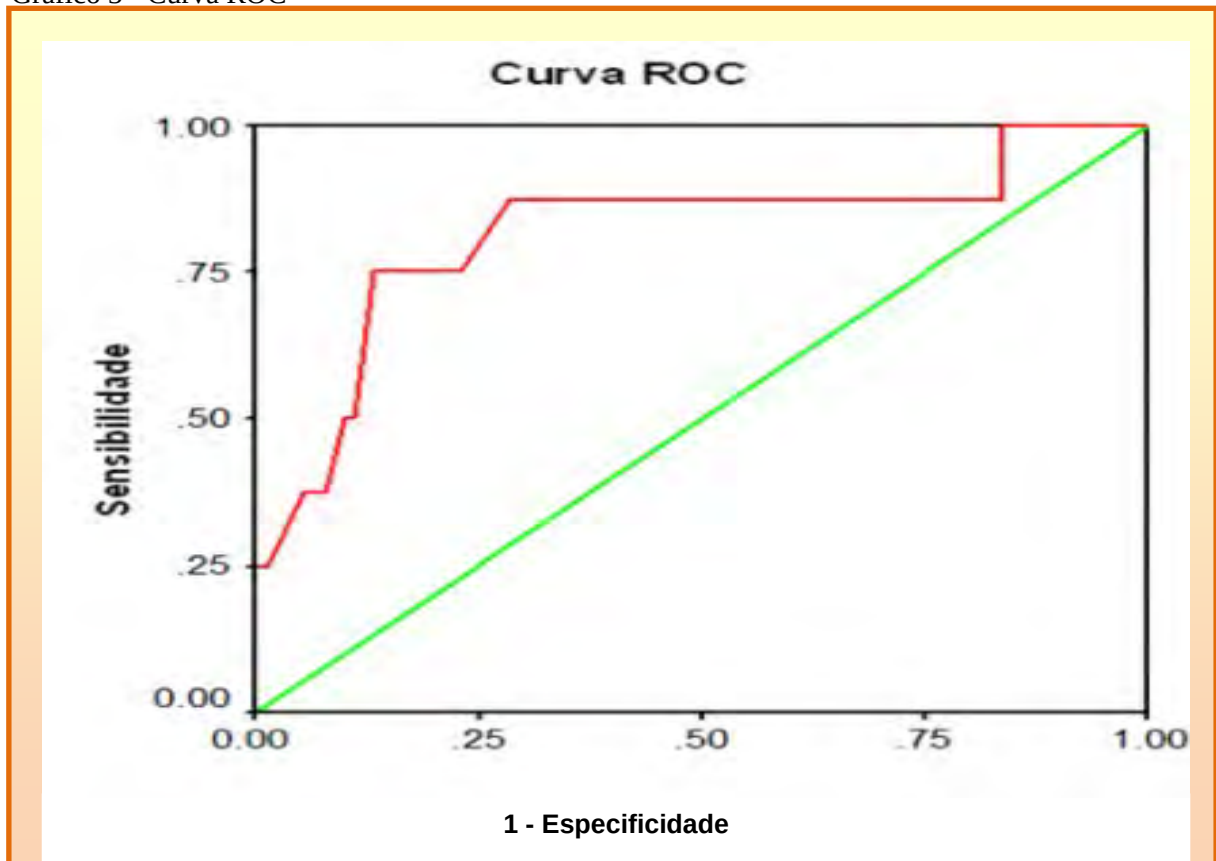


Pode ser observada uma boa correlação ($r=0,80$) entre os valores fornecidos pelo modelo e os valores médios dos 4 especialistas.

Em relação à correlação entre os riscos fornecidos por cada um dos 4 especialistas e o fornecido pelo modelo proposto os valores do coeficiente de correlação de Pearson foram a correlação (r) de 0.76, 0.78, 0.80 e 0.76.

A curva ROC é mostrada em seguida no Gráfico 3. Foi obtido uma acurácia de 81,9% com intervalo de confiança de 95% entre 63,4% e 100% ($p = 0,003$). Este intervalo grande se deve ao fato de terem sido relatados 8 óbitos (8% da amostra) e explica também o formato da curva ROC em saltos.

Gráfico 3 - Curva ROC



Em algumas situações particulares, como no caso demonstrado na Figura 14, considerando-se a variável peso ao nascer de 1245g, idade gestacional de 28 semanas, Apgar de 9 e fração inspirada de oxigênio de 70%; o modelo previu um alto risco de morte de 60%.



Figura 14 - Tela capturada do programa MATLAB® versão estudante

Já com o peso ao nascer de 2750 g, idade gestacional de 31 semanas, Apgar de 5 e a fração inspirada de oxigênio de 50%, o risco foi de apenas 11% , Figura 15.

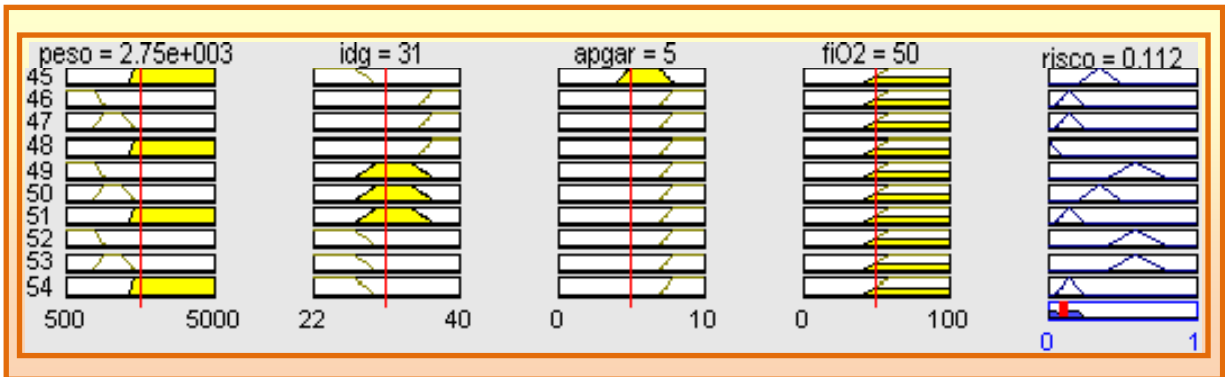
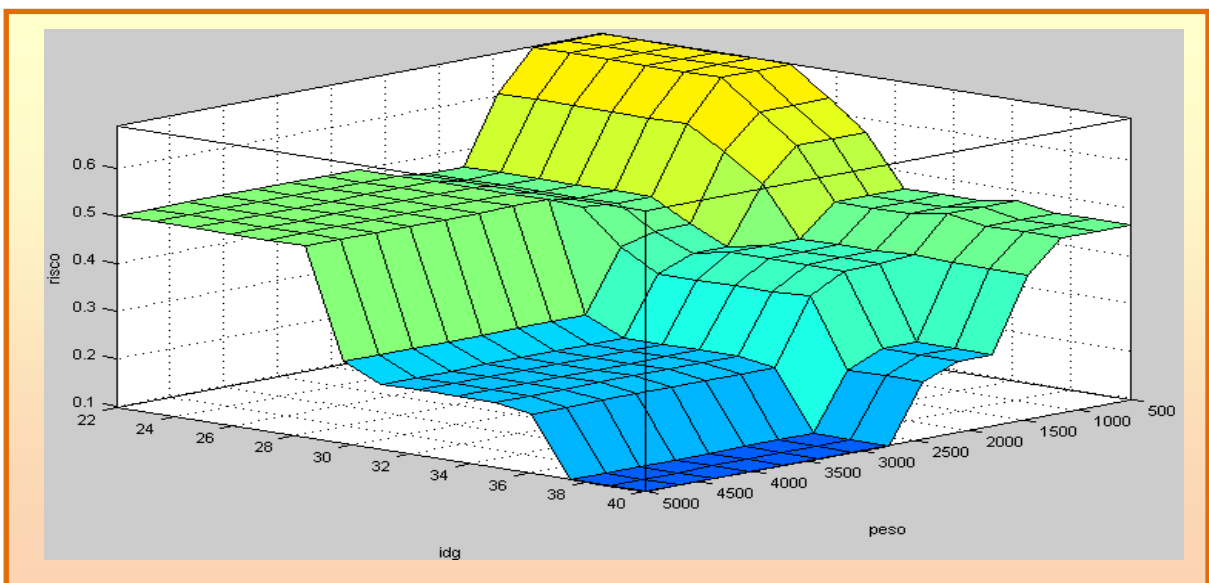


Figura 15 - Tela capturada do programa MATLAB® versão estudante

O software Matlab também fornece, baseado no modelo *fuzzy* proposto, os gráficos de superfície nos 3 eixos, sendo o eixo z representando a variável de saída risco de morte e os eixos x, y representando as variáveis de entrada: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar e fração inspirada de oxigênio.

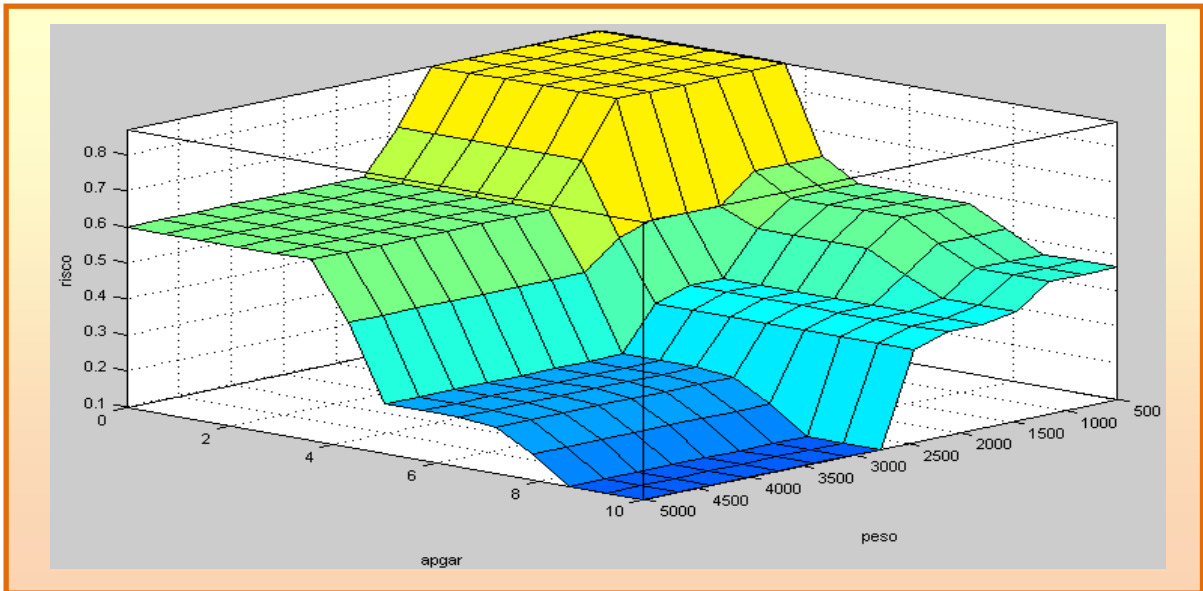
O gráfico de superfície do risco de morte neonatal, peso ao nascer e a idade gestacional é mostrado no Gráfico 4, onde pode ser notado que quanto menor o peso ao nascer e a idade gestacional, maior é o risco de morte estimado pelo modelo. A superfície apresenta um comportamento de variação suave, monotônico.

Gráfico 4 - Superfície do risco de morte neonatal relativo ao PN x IG.



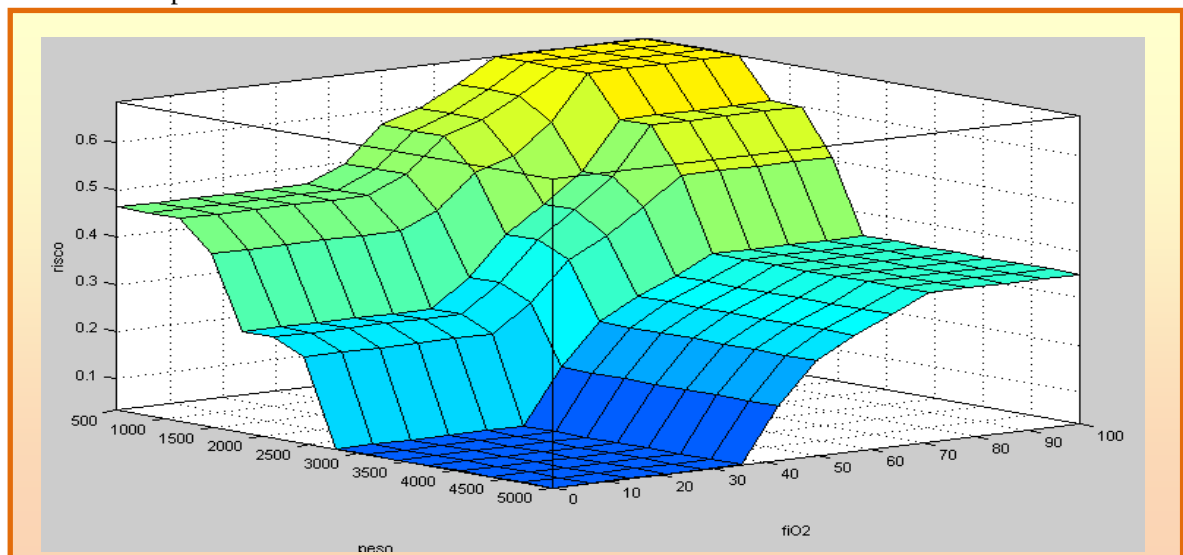
No Gráfico 5, vê-se a superfície obtida pelas variáveis peso ao nascer, Apgar e risco de morte onde pode ser notado que quanto menor o peso ao nascer e o Apgar maior será o risco de morte. O comportamento também é suave.

Gráfico 5 - Superfície do risco de morte neonatal relativo ao PN x Apgar



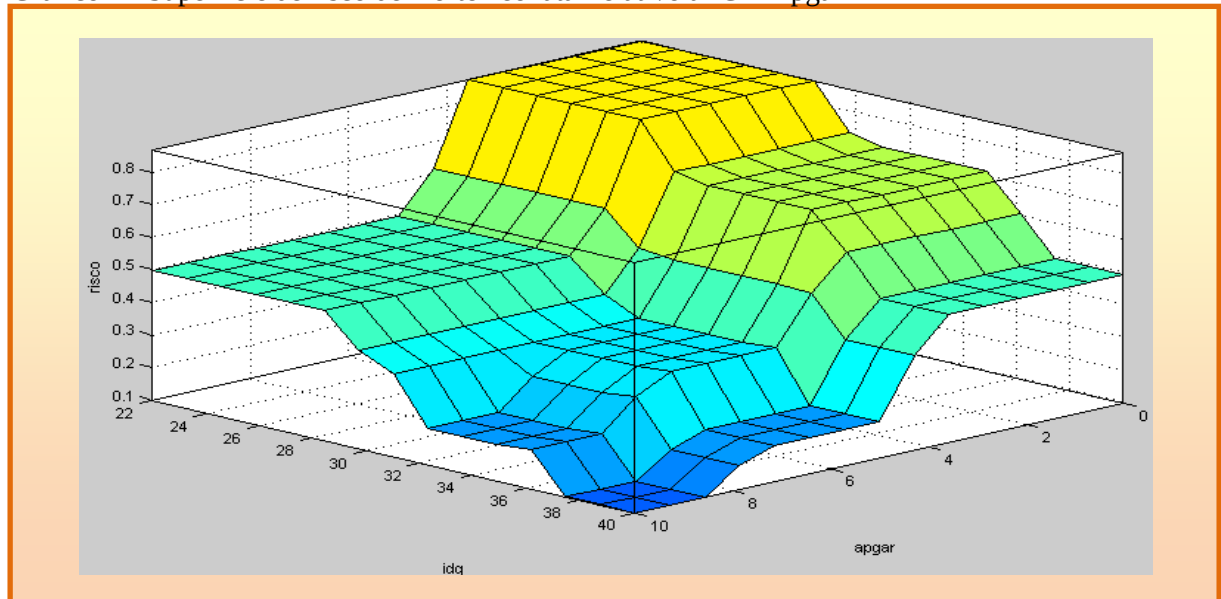
O Gráfico 6 mostra a superfície entre o risco de morte, peso ao nascer e a FiO₂, onde pode ser notado que o risco de morte diminui quando o peso ao nascer aumenta e fração de oxigênio diminui.

Gráfico 6 - Superfície de morte neonatal relativo ao PN x FiO₂



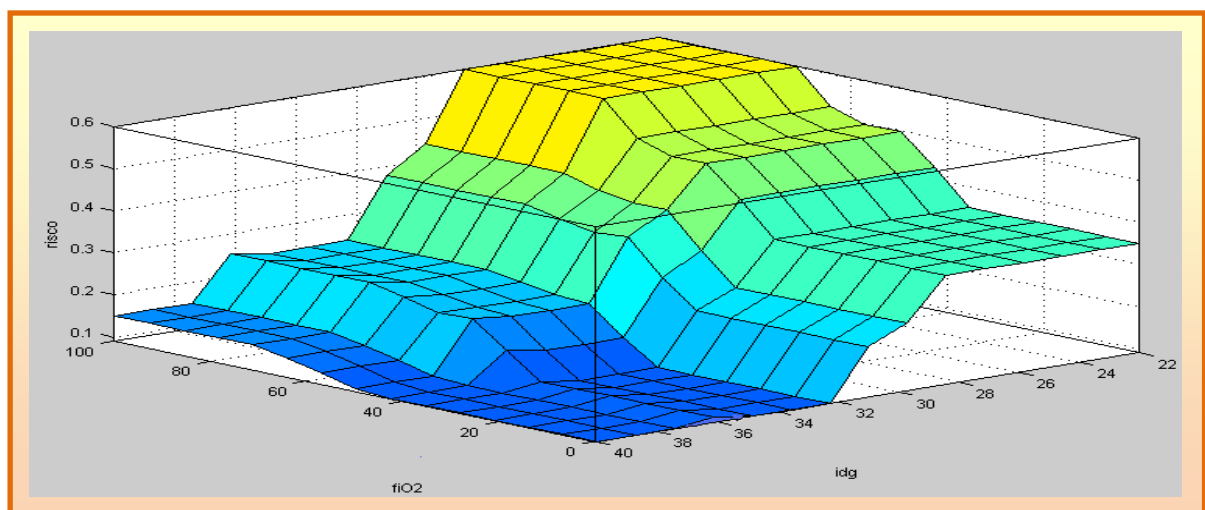
No Gráfico 7 é demonstrada a superfície do risco de morte neonatal relativo a idade gestacional e o Apgar, onde pode ser notado que o risco de morte aumenta quando a idade gestacional e o Apgar diminuem.

Gráfico 7 - Superfície de risco de morte neonatal relativo a IG x Apgar



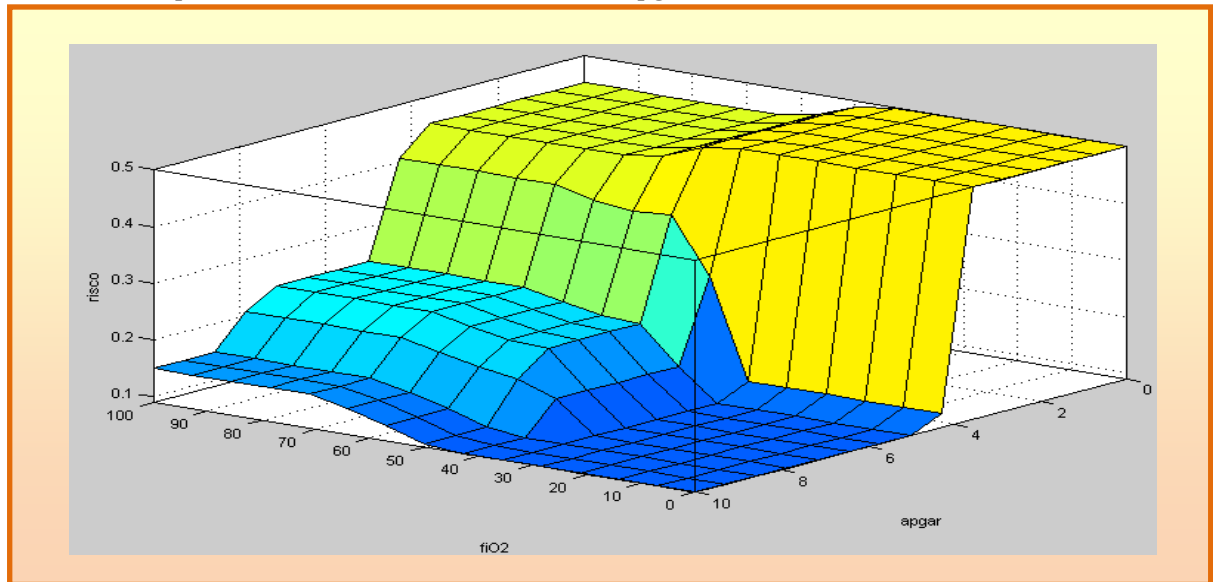
O gráfico da superfície do risco neonatal relativo a IG e a FiO2 está representado abaixo, Gráfico 8, onde o risco de morte aumenta quando a idade gestacional é menor e a fração de oxigênio é maior.

Gráfico 8 - Superfície de risco de morte neonatal relativo a IG x FiO2



No Gráfico 9 está demonstrada a superfície do risco de morte neonatal relativo ao Apgar e a FiO₂, onde quanto menor o Apgar e maior a fração inspirada de oxigênio, maior fica o risco de morte.

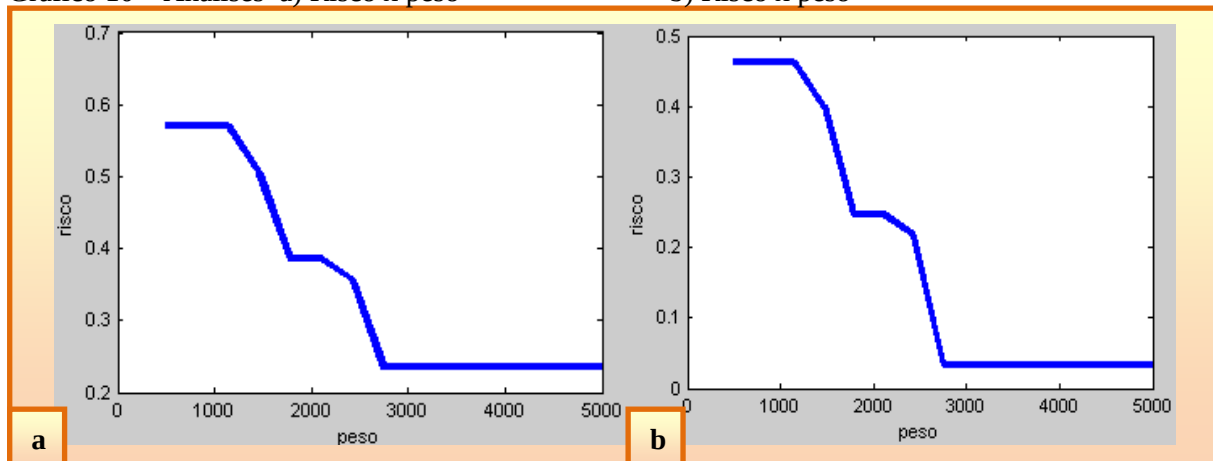
Gráfico 9 - Superfície do risco de morte relativo ao Apgar x FiO₂



Os gráficos 10 e 11 com as análises com 2 variáveis, entrada versus saída, são demonstrados a seguir.

Gráfico 10 – Análises a) Risco x peso

b) Risco x peso

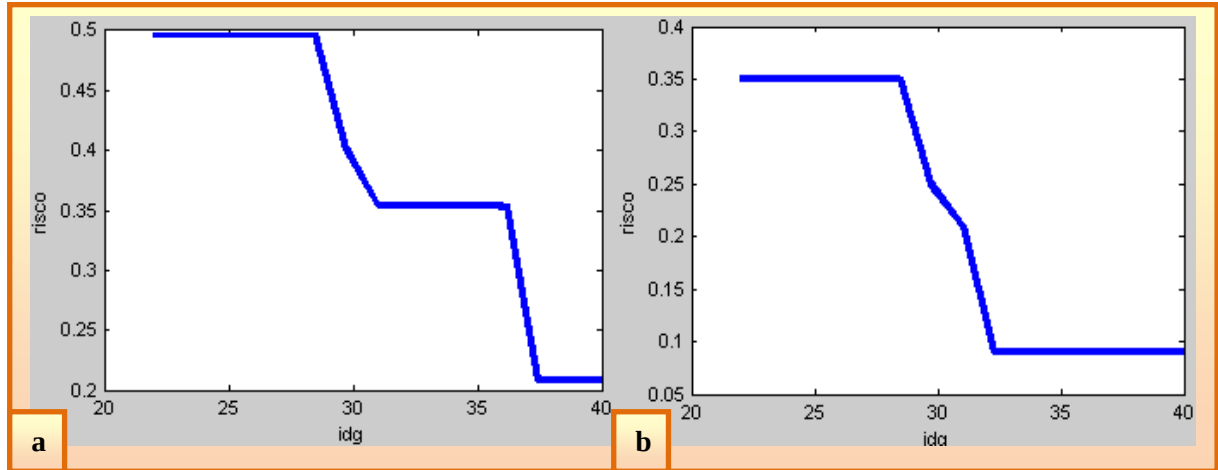


No Gráfico 10 (a) pode ser notado que o risco de morte é menor com um maior peso ao nascer, com valores para IG de 31 semanas, Apgar de 5 e FiO₂ de 50%.

enquanto que no gráfico 11 (b) o risco também é menor com um peso ao nascer maior, a IG é de 31 semanas, Apgar de 9 e FiO₂ de 21%.

Gráfico 11 – Análises a) Risco x IG

b) Risco x IG



O Gráfico 11(a) mostra que o risco de morte é menor quando a IG é maior, para o peso ao nascer de 2550g, Apgar de 5 e FiO₂ de 50%. O risco de morte também fica menor quando maior IG para o peso ao nascer de 2550g, Apgar de 9 e FiO₂ de 21%, gráfico 11(b).

4 DISCUSSÃO

A interpretação dos índices de mortalidade deve ser feita considerando as condições clínicas dos recém-nascidos, a qualidade dos cuidados prestados, a disponibilidade de recursos e as modificações dos enfoques terapêuticos usados no momento do nascimento e que diferem entre países, cidades, hospitais e UTINs (WEIRICH, 2005).

Os sistemas de inferência *fuzzy* são ferramentas muito utilizadas para modelagem de problemas de Engenharia Biomédica, dada a natureza nebulosa das variáveis normalmente envolvidas nestes problemas.

Este modelo pode constituir-se num aliado aos médicos pediatras intensivistas ou nas cidades onde não há um especialista disponível, podendo vir a ser usado no apoio ao cuidado do recém-nascido.

O modelo como um sistema *fuzzy* voltado à área da saúde constitui-se num instrumento que demonstra a aplicabilidade das técnicas da inteligência artificial, neste caso dos conjuntos *fuzzy*, que possibilitam uma adequada modelagem do raciocínio médico com presença de imprecisão.

Nos últimos 20 anos, os médicos que atuam com terapia intensiva têm se dedicado a desenvolver e validar escores preditivos. Com este procedimento, vários objetivos podem ser atingidos, sendo o principal a avaliação com precisão mais acurada do prognóstico de um grupo de pacientes quanto à mortalidade e à morbidade, (GARCIA, 2001; DRUMOND, 2007).

Escore que foram desenvolvidos especificamente para recém-nascidos de muito baixo peso e/ou muito baixa idade gestacional, como é o caso do *CRIB (Clinical Risk Index for Babies)*, (SARQUIS, 2002), estudo com 812 recém-nascidos, não permitem a avaliação do recém-nascido a termo criticamente enfermo.

A prematuridade, na maioria dos estudos, é relacionada como uma das causas que contribuem para o baixo-peso ao nascer e Apgar no 5º minuto menor que sete.

O conceito de prematuridade baseava-se apenas no peso, mas a partir de 1970, a OMS (Organização Mundial de Saúde) estabeleceu como prematuro todo recém-nascido vivo que nasce antes da 37ª semana de gestação. Dentre as razões que levam ao parto prematuro, destacam-se as relacionadas aos fatores maternos, fetais, placentários (hemorragias e descolamento prematuro da placenta), iatrogênicos e antecipação do parto (HOUGUE, 2002).

Geralmente, verifica-se que um bebê a termo com asfixia apresenta um risco de morte de 10% e um comprometimento e disfunção neurológica de 10% a 45%. Mas se o recém-nascido for pré-termo, os riscos aumentam em cerca de 80% a 95% (MARAN, 2006).

Os estudos de mortalidade neonatal têm verificado que quanto menor o escore de Apgar no quinto minuto de vida, menor é também a chance de sobrevivência (ARAUJO, 2000).

Baixo peso ao nascer e prematuridade são reconhecidos universalmente como os fatores de risco mais importantes para mortalidade neonatal (ALMEIDA, 2002). Assim como já era esperado, neste estudo foi encontrada uma associação significativa para o baixo peso ao nascer, idade gestacional baixa, escore de Apgar menor que 7 e fração de oxigênio maior que 70%.

A prevalência de baixo peso ao nascer (<2.500g) tem sido associada a condições socioeconômicas desfavoráveis, atenção pré-natal inadequada, mães adolescentes ou mães idosas, paridade elevada, intervalo interpartal reduzido, presença de desnutrição materna e hábito de fumar, entre outras (doenças maternas e fetais), (ARAUJO, 2000).

Para o estudo de Araujo (2000), ter baixo peso ao nascer associa-se a uma condição socioeconômica desfavorável, o que deixa o neonato mais vulnerável a condições como prematuridade. Além disso, pode-se observar uma associação entre o aumento da frequência de baixo peso ao nascer em mães múltiparas, geralmente em decorrência dos pequenos intervalos interpartais.

O importante é ponderar que os fatores acima citados não devem ser considerados isoladamente, mas sim como fatores que atuam em diversas determinantes e condicionantes da mortalidade. Também se observou fortes associações ou apenas possíveis relações já interpretadas por outros autores, mas que permitem colocar o resultado do modelo final como características que predizem os riscos de mortalidade neonatal.

O *SNAP (Score for Neonatal Acute Physiology –* Escore para Fisiologia Neonatal Aguda) proposto por Richardson et al., em 1993, é um escore para recém-nascidos inspirado no *APACHE*.. Esse escore é realizado na admissão, baseado na fisiologia do recém-nascido, sem considerar os diagnósticos ou tratamentos instituídos. Este estudo foi uma regressão logística com análise de 1621 recém-nascidos.

O *SNAP-PE (Score for Neonatal Acute Physiology - Perinatal Extension -* Escore para Fisiologia Neonatal Aguda – Extensão Perinatal) inclui alguns parâmetros antropométricos no escore, mas, ao invés de simplificá-lo, o torna ainda mais extenso, com 29 parâmetros com pontuação de 0 a 168. Recentemente, os mesmos autores do SNAP propuseram novos escores, o SNAP II e o SNAP PE II, que podem dar a resposta que se procura através de testes simples e acurados na área de prognóstico neonatal. Estes novos escores são mais simples pois possuem um número menor de variáveis.

No ano de 2001, Richardson revalidou o SNAP num estudo com participação de 58 UTIN e 10439 recém-nascidos.

A grande limitação desses escores é o fato de sua realização ser difícil ou elaborada, ocasionando uma excessiva demanda de tempo. Estes escores utilizam análises laboratoriais, que são invasivas.

Os estudos dos escores apresentados anteriormente trabalham com regressão logística, com análises posteriores dos recém-nascidos, obtendo assim grande número de dados que são extraídos de uma rede de hospitais.

O modelo *fuzzy* trabalhou com 100 casos a priori.

Na literatura existente há poucas referências de estudos sobre este assunto no contexto da lógica *fuzzy*.

Neste estudo foi proposto um modelo lingüístico *fuzzy* para avaliar o risco de morte neonatal baseado no peso ao nascer, idade gestacional, escore de Apgar no quinto minuto e a fração inspirada de oxigênio. O modelo é de fácil aplicação e não invasivo, não levando nenhum risco ao recém-nascido e pouco tempo para ser aplicado.

O modelo apresentado neste estudo mostrou resultados satisfatórios quando comparado com os valores médios obtidos pelos especialistas e confirmou sua capacidade preditiva para a ocorrência de óbito hospitalar, com área sob a curva ROC de 81,9%.

A vantagem do preditor de risco de morte neonatal é que os valores do modelo não mudam com o passar do tempo, o mesmo não pode ser dito para as opiniões dos especialistas e mesmo quando eles foram comparados separadamente. Este modelo evita as variações na análise das condições dos recém-nascidos por profissionais de saúde diferentes que poderiam utilizar tratamentos diferentes para um mesmo caso (ORTEGA, 2001).

A correlação entre o modelo e os especialistas é melhor em situações extremas, onde existem menos incertezas, como por exemplo nos casos em que o peso ao nascer, a idade gestacional, o Apgar e a fração de oxigênio estão ótimas ou quando estas variáveis estão críticas o resultado esperado deixa poucas dúvidas. Por outro lado, quando as variáveis são intermediárias, os especialistas têm opiniões diferentes o que pode ser resultado de experiências de cada um ou relacionado aos seus sentimentos. Estimadores baseados em avaliações subjetivas podem variar a depender das condições em que se encontram os especialistas no momento de responder os dados relacionados, por exemplo, se estão sobre estresse, cansaço, intercorrências na UTIN.

Alguns meios para identificar o risco de morte neonatal podem oferecer informações adicionais para que a equipe médica que cuida destes recém-nascidos possa entrar em ação e prevenir complicações não desejáveis (NASCIMENTO, 2007). O modelo apresentado poderia oferecer uma padronização do processo de classificação.

Este estudo mostra um caminho a ser seguido na área médica, com abordagem *fuzzy*, que pode trazer muitos benefícios tanto para os médicos como para os pacientes, contribuindo-se para um maior aprofundamento do conhecimento no processo de diagnóstico e tratamento, bem como para controle de processos médico.

Um prognóstico acurado é crítico para os melhoramentos nesta área da neonatologia, que utiliza e aprimora técnicas de salvar vidas. Utilizar um bom índice prognóstico permite identificar os componentes da estrutura da unidade relacionados ao desfecho, assim como poderá, no futuro, ajudar a equipe médica a tomar decisões éticas e a identificar pacientes e situações clínicas onde o benefício da terapia intensiva é muito baixo e o custo, muito alto.

O modelo *fuzzy* é muito simples e de baixo custo financeiro, tornando-o assim, possível de implantação fácil e barato. Um modelo com uma estrutura simples como esta pode ser facilmente convertido em um programa computacional, que possa ser usado até mesmo em computadores portáteis de mão.

5 CONCLUSÃO

Foi possível construir o modelo, utilizando-se da lógica *fuzzy*, com uma boa acurácia que pela popularização do uso de computadores, pode ser uma ferramenta útil em berçários e UTIN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, B.; NEWMAN, V. Small for gestational age birth: maternal predictors and comparison with risk factors of spontaneous preterm delivery in the same cohort. **Am. J. Obstet Gynecol.** n.164,p.785-90. 1991

ADAMS, A.M.; SMITH, A.F. Risk perception and communication: recent developments and implications for anaesthesia. **Anaesthesia**, v. 56, n. 8, p.745-55, 2001.

ALMEIDA, M.F; et al. Mortalidade Neonatal no Município de São Paulo: Influência do peso ao nascer e de fatores sócio-demográficos e assistenciais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.5, n.1, p.200-206, 2002.

ARAÚJO, A.V. de. **Árvores de decisão fuzzy na mineração de imagens do sistema footscanage**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/3778/1/dissertacaoAnderson.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2007.

ARAUJO, B.F. Mortalidade neonatal precoce no município de Caxias do Sul: um estudo de coorte. **Jornal de Pediatria**, v.76, n.3, 2000.

BAUCHSPIESS, A. (2004). **Introdução dos Sistemas Inteligentes: Aplicações em Engenharia de Redes neurais Artificiais, Lógica Fuzzy e Sistemas neuro-Fuzzy**. Universidade de Brasília. Engenharia Elétrica, Minicurso. Disponível em <http://www.ene.unb.br/sdolfo/ISI>. Acesso em jan. 2008.

CASTANHO, M.J.P. **Sistema neuro-fuzzy para prognóstico de câncer de próstata**. Biomatemática, Campinas/SP, v. 17, p. 11-20, 2007. (IMECC), UNICAMP, CAMPINAS-SP, ISSN: 1679-365X, Impresso.

CASTRO, J.L. Fuzzy Logic Controllers are Universal Aproximators. *IEEE Transactions on Systems, Man. And Cybernetics*, v.25, n.4, p.629-635, apr.1995.

COELHO, B. F. V.M. **Modelo de Previsão da Evolução do Biodiesel no Brasil Utilizando Lógica**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2007.

DUBOIS, D.; PRADE, H. Book Reviews: Fuzzy sets and systems: Theory and applications. **Mathematics in Science and Engineering**. v. 14. New: York: Academic Press. 1980, xvii. 393 p.

DRUMOND, E. F. et al. Óbitos neonatais precoces: análise de causas múltiplas de morte pelo método *Grade of Membership*. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.1, p.157-166, jan.2007.

DUTTA, S. Fuzzy logic applications: Technological an strategic issues. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 40, n.3, p.237-254, Ago. 1993.

ELLINGSON, B.M.; ULMER, J.L.; PROST, R.W.; SCHMIT, B.D. Morphology and Morphometry in Chronic Spinal Cord Injury Assessed Using Diffusion Tensor Imaging and Fuzzy Logic. **Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE**. p.1885-1888, aug. 2006. New York, NY. ISBN: 1-4244-003303. INSPEC Accession Number: 9230852. Digital Object Identifier: 10.1109/IEMBS.2006.259379

FEITOSA H.A.; ALMEIDA, E.L.B. Mini-curso sobre os conjuntos Fuzzy. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências. Departamento de Matemática. In: **II Encontro de Bauru e Região de Educação Matemática. XVIII Semana da Licenciatura em Matemática**. Bauru, 2006.

GARCIA; P.C.R. A chegada dos índices prognósticos na neonatologia. **Jornal de Pediatria**. v.77, n.6, 2001.

HELGASON C.M., JOBE, T.H. Causal Interactions, Fuzzy Sets and Cerebrovascular 'Accident': The Limits of Evidence-Based Medicine and the Advent of Complexity-Based Medicine. **Neuroepidemiology**. v.18, p.64-74, 1999. (DOI: 10.1159/000069409)

HOGUE, A.R.; VASQUEZ, C.; Toward a Strategic Approach for Reducing Disparities in Infant Mortality. **American Journal of Public Health**, v.92, Apr. 2002.

HUANG, J.Y.; KAO, P.F. CHEN, Y.S. A Set of Image Processing Algorithms for Computer-Aided Diagnosis in Nuclear Medicine Whole Body Bone Scan Images. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v.54, n.3, june. 2007.

JANÉ, D.A. Uma introdução ao estudo da Lógica *Fuzzy*. **Hórus – Revista de Humanidades e Ciências Sociais Aplicadas**. n.2, Ourinhos/SP, 2004.

KARR, C.L. Fuzzy Control of pH Using Genetic Algorithms. **IEEE Transactions on fuzzy systems**. v.1, n.1, p.46-53, feb. 1993.

KLIR, G.J. Fuzzy Logic: Unearthing its meaning and significance. **IEEE Potentials**. p.10-15, oct./nov. 1995.

LANZILLOTTI, R. S.; LANZILLOTTI, H. S. Análise sensorial sob o enfoque da decisão *fuzzy*. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.12, n.2, p.145-157, mai/ago. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n2/v12n2a04.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2007.

LEE, C.C. Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Part II. **IEEE Transactions on Systems. Man. And Cybernetics**. v.20, n.2, p. 419-435, mar/apr. 1990.

LEE, C.C. Fuzzy logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller. Part I. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**. v.20, n.2, p. 404-418, mar/apr 1990. Digital Object Identifier 10.1109/21.52551.

LOPES, M.H.B.M. et al. Modelo Baseado em Lógica Fuzzy para o Diagnóstico Diferencial de Enfermagem em Alterações na Eliminação Urinária. In: **X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde CBIS'2006**, Florianópolis, 2006.

MARAN, E.; **Mortalidade Neonatal: fatores de risco no município de Maringá-PR em 2003 e 2004**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2006.

MARQUES, J. A. L.; BARRETO, G. A. A.; CORTEZ, P. C. S.; FEITOSA, F. E. L. Sistema de Inferência Fuzzy para Interpretação da Frequência Cardíaca Fetal em Exames Cardiotocográficos; Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS): **Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS'2006)**, 1, ISBN: Português, Meio digital.

MASSAD, E.; MARIN, H. F.; AZEVEDO NETO, R. S. de. LIRA, A. C. O. (col.) **O prontuário eletrônico do paciente na assistência, informação e conhecimento médico**. OPAS/OMS. São Paulo: H. de F. Marin, 2003. 213p. Disponível em: <<http://www.med.fm.usp.br/dim/livrosdim/prontuario.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

MATTOS, M.C. et al. **O Raciocínio Fuzzy no Desenvolvimento de um Sistema para Controle de Assistência Respiratória em Neonatos - SARE**. Universidade Federal de Santa Catarina. s.d.

NASCIMENTO, L.F.C.; RIZOL, P.M.S.R.; ABIUZI, L.B. Laptec 2007. Fuzzy Approach to Establish the Risk of Neonatal Death. In: **VI Congress of Logic Applied to Technology**. Santos/SP, Brasil, nov. 2007.

NASCIMENTO, L.F.C.; SERAFIM, A.; FURTADO, P.; CIRVIDIU, D.C.; QUEIROZ, C.F. **Modelo preditivo para avaliar possibilidade de comprometimento neurológico em lactentes**, 2005. Disponível em: <http://www.oxfordeventos.com.br/slaip2005/tabela_arquivos/posternovo.htm>. Acesso em: 3 jun. 2007.

NASCIMENTO, L.F.C; ORTEGA, N.R.S. Modelo lingüístico Fuzzy para estimação do risco de morte neonatal. **Rev. Saúde Pública**, v.36, n.6, p.686-92, São Paulo, 2002. ISSN 0034-8910.

ORTEGA, N.R.S. **Aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy a Problemas de Biomedicina**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, Instituto de Física, SP: 2001. Disponível em <http://www.ime.usp.br/~tonelli/verao-fuzzy/neli/principal.pdf>.

PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC. **Anais...**, Florianópolis-SC. Brasil, 21-26 abr. 2007, São José dos Campos, SP: INPE, 2007, p. 2979-2984.

PEREIRA, J.C.R.; TONELLI, P.A.; BARROS, L.C.; ORTEGA, N.R.S. Clinical signs of pneumonia in children: association with and prediction of diagnosis by Fuzzy sets theory. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. n.37, p. 701-709, 2004.

RACHEL, F.M; Controle Automático de trens utilizando lógica nebulosa (fuzzy) preditiva, **II Seminário de pesquisa GAS (Grupo de Análise de Segurança)**, 2004.

REIS, M.A.M. **Predição da necessidade de reanimação neonatal segundo uma abordagem da teoria de conjuntos Fuzzy**. Tese (Doutorado). Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

REIS, M.A.M.; ORTEGA, N.R.S.; SILVEIRA, P.S.P. Fuzzy expert system in the prediction of neonatal resuscitation. **Braz J Med Biol Res**. n.37, p. 755-764, 2004. ISSN 0100-879X.

RICHARDSON, D.K.; CINZA, J.E. McCORMICK, M.C. O Trabalhador K & Goldmann D.A. (1993). Contagem para neonatal fisiologia aguda: um índice de

severidade fisiológico para neonatal cuidado intensivo. **Pediatrics**, n.91, p.617-623. [Medline].

RICHARDSON, D.K; TARNOW-MORDI, W.O; LEE, S.K. Risk adjustment for quality improvement. **Pediatrics**, v.103, n.1, p. 255-65, 1999.

RICHARSON et al., SNAP-II and SNAPPE-II: simplified newborn illness severity and mortality risk scores. **Journal of Pediatrics**, v.138, n.1, p.92-100, 2001.

SANDRI, S.; CORREA, C. **Lógica Nebulosa**. V Escola de Redes, Promoção: Conselho Nacional de Redes Neurais. PP. C073-c090. São José dos Campos: ITA. 19 de jul. 1999.

SARQUIS, A.L.F.; MIYAKI, M.; CAT; M.N.L. Aplicação do escore CRIB para avaliar o risco de mortalidade neonatal. Rio de Janeiro: **Jornal de Pediatria**. v.78, n.3, p.225-229, 2002.

SCHUH, Ch. Fuzzy Sets and their Application in Medicine. **NAFIPS 2005 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society**. 2005.

SELLITTO, M. A. **Inteligência Artificial: uma aplicação em uma indústria de processo contínuo**. Gestão e Produção (UFSCar), São Carlos, v. 9, n. 3, p. 283-296, 2002. (DOI: 10.1590/S0104-530X2002000300010)

SERDAL, U.; **What is the Apgar Score**. **Kids Healts**, October 2004. Disponível em: <http://kidshealts.org> (online). Acesso em 04 abr. 2008.

SILVA, I. C.; FARIAS, C. T.T.; CARNEVAL, R. O.; DAES, M. T. P.; REBELLO, J.M.A. Aplicação de Lógica Fuzzy na determinação da presença de camada interdifundida em chapa de aço com revestimento de níquel. In: **PAN-AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVE TESTING**, 2003, Rio de Janeiro.

SIMÕES, M.G.; SHAW, I.A. **Controle e modelagem Fuzzy**, São Paulo: Edgar Blücher/FAPESP, 1999, 165p.

SOUSA, C. A. de; DUARTE, P. S.; PEREIRA, J. C. R. Lógica fuzzy e regressão logística na decisão para prática de cintilografia das paratiróides. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v.40, n.5, p. 898-906, 2006.

SOUZA, O.T.L. de; CAGNON, J.A. Desenvolvimento de um modelo Fuzzy para determinação do calor latente. **Energ. Agric. Botucatu**. v.21, n.3, p.66-84, 2006.

TANSCHKEIT, R. **Sistemas Fuzzy**. Disponível em: <<http://www.ica.ele.pucrio.br/cursos/download/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2008.

THE INTERNATIONAL Neonatal Network. In: The CRIB (Clinical Risk Index for Babies) score: a tool for assessing initial neonatal risk and comparing performance of neonatal intensive care units. **Lancet** 1993; 342: 193-98

VILLEGER, A.; OUCHCHANE, L.; LEMAIRE, J.J.; BOIRE, J.Y. Assistance to Planning in Deep Brain Stimulation: Data Fusion Method for Locating Anatomical Targets in MRI. **Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE**. v. supplement, p.144-147. aug. 30 2006-sept. 3 2006. New York: NY. ISSN: 1557-170X. ISBN: 1-4244-003303. Digital Object Identifier: 10.1109/IEMBS.2006.260928

WEIRICH, C. F, ANDRADE, A. L.S S, TURCHI, M. D. et al. Mortalidade neonatal em unidades de cuidados intensivos no Brasil Central. **Rev. Saúde Pública**. v.39, n.5, p.775-781, out. 2005. ISSN 0034-8910.

WONG, K.W.; GEDEON, T. KÓCZY, L. Construction of Fuzzy Signature from Data: Na Example of SARS Pre-clinical diagnosis System. IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2004. **Proceedings. 2004** . Budapest: Hungary. v.3. n.1, p. 1649-1654, 25-29 jul. 2004.

YEN, J.; LANGARI, R.; ZADEH, L.A. **Industrial Applications of Fuzzy Logic and Intelligent Systems**. IEEE CS Press, 1995.

YEN, J. Fuzzy logic-a modern perspective. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**. v.11, n.1, p.153-165, jan./feb. 1999. DOI Bookmark: 10.1109/69.755624

YOUNESI, F.; ALAM, R.; ZOROOFI, R.A.; AHMADIAN, A.; GUITI, M. Computer-Aided Mass Detection on Digitized Mammograms Using Adaptive Thresholding and Fuzzy Entropy. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc**. n.1, p.5638-5640a, 2007. 18003291.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information Control**. v.8, p.338-353, 1965.

ZAGHETTO, A. NASCIMENTO, F.A.O.; SANTOS, I. dos; ROCHA, A.F. da. Coding of Echocardiographic by Selection of the Normalization Matrix Using Fuzzy Logic. Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. **EMBS apos;06. 28th Annual International Conference of the IEEE**. p.1089-1092, aug. 2006. Digital Object Identifier 10.1109/IEMBS.2006.259626.

ZARDO, M.S.; PROCIANOY, R.S. Comparação entre diferentes escores de risco de mortalidade em unidade de tratamento intensivo neonatal. **Rev. Saúde Pública**, v.37, n.5. São Paulo, out. 2003.

APENDICE A**FICHA PARA COLHETA DE DADOS DE RECÉM-NASCIDOS**

Número do Prontuário:	Data de Nascimento:
Peso(g):	Idade Gestacional(IG):
Apgar(5`):	FiO₂:
Data da Alta:	Data de Óbito:

ANEXO A

A/C Diretoria Clínica do Hospital São Lucas de Taubaté

Venho por este meio, solicitar autorização junto a Comissão de Ética desde hospital, do estudo proposto em anexo.

O estudo proposto não acarretará custo e será de grande importância científica.

Grato.

Ft. Luciano Eustáquio chaves
Dr. Cláudio Ribeiro Aguiar

CEM - HSL:

De Acordo:


Dr. André Dante Ciolini Zamboni
CRM: 56.044

08.11.2006