

SISTEMA FUZZY PARA PREDIÇÃO DE DIABETES MELLITUS TIPO II

BARRETO, Ana Cristina Lopes y Glória¹; BRASIL, Roxana Macedo²; BRITO, Diogo de Freitas^{1,3}; JUNIOR, Homero da Silva Nahum^{1,4}.

300

Resumo

O objetivo do estudo foi desenvolver um sistema baseado na lógica fuzzy para predição de diabetes tipo II. O grupo de voluntários foi composto por 112 pessoas, 69 mulheres, com idades entre 40 e 59 anos. As variáveis de entrada foram sedentarismo, sobrepeso, alimentação, triglicerídeos, histórico familiar da doença, circunferência de cintura e hipertensão. Modeladas por funções de pertinência triangulares ou trapezoidais. A Predição foi obtida pelo cálculo do centroide. Os resultados numéricos (valor-p = 0,96) ou semânticos (valor-p = 0,77) não foram estatisticamente distintos daqueles elaborados por profissionais. Então, a conclusão foi que para o grupo de voluntários, o sistema foi capaz de realizar predições a contento.

Palavras-chave: Heurística. Doença. Saúde. Modelagem. Estatística.

Abstract

The objective of the study was to develop a system based on fuzzy logic for predicting type II diabetes. The group of volunteers consisted of 112 people, 69 women, aged between 40 and 59 years. The input variables were sedentary lifestyle, overweight, diet, triglycerides, family history of the disease, waist circumference and hypertension. The modelling used triangular or trapezoidal membership functions. The prediction was obtained by calculating the centroid. The numerical (p-value = 0.96) or semantic (p-value = 0.77) results were not statistically different from those prepared by professionals. Therefore, the conclusion was that for the group of volunteers, the system was able to make satisfactory predictions.

Keywords: Heuristics. Disease. Health. Modelling. Statistics.

Introdução

A modelagem possibilitaria o estudo de fenômenos em amplo sortilégio de forma facilitada, inclusive com repetição de testes, ensaios e experimentos, sem comprometimento de espécime, com maior controle sobre as variáveis, e a custo inferior, comparativamente às situações reais (Simões e Shaw, 2007). A conduta *fuzzy* (difusa ou nebulosa) pertenceria à família heurística (do grego *heuristiké*), pois o modelo seria desenvolvido a partir da experiência para descobrir alguma solução ou tomar decisão

¹ Docentes do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa;

² Docente Ph.D. em Educação Física;

³ Docente do Curso de Gestão Desportiva e do Lazer do Centro Universitário Celso Lisboa;

⁴ Docente da Escola de Saúde da Universidade Candido Mendes.

(Tonetto *et al.*, 2006), o que demandaria o estabelecimento de regras, associação entre antecedentes (entradas) e consequentes (saídas).

O formato clássico de regra expressaria: *Se [condição], então [consequência]*, o qual poderia ser reescrito como: *Se [entrada], então [saída]*. Objetivamente, *Se IMC > 40,00 kg/m², então Obesidade III*. A peculiaridade do modelo difuso estaria na possibilidade de utilização de expressões verbais na formação das regras, por exemplo *Se entrada = Baixo, então Saída = Grave* (Simões e Shaw, 2007). A consequência imediata seria a não necessidade de linearidade, o que convergiria a fenômenos comuns na área de saúde em razão da incerteza dos dados.

Como em avaliação de fatores de risco em Unidades de Pronto Atendimento (Cosenza *et al.*, 2024); aferição da incapacidade funcional e estimativa de indicadores de saúde (Costa, 2001), inclusive de pessoas com deficiência (Lima e Boente, 2024); monitoramento da marcha humana (Farias *et al.*, 2024); segurança e saúde no trabalho (Bemvenuti, Franz e Silva, 2022) à luz da epidemiologia (Ribeiro e Pinheiro, 2024); opção pela cintilografia (Sousa, Duarte e Pereira, 2006), risco à gestante (Silveira Junior, Cãnedo e Siqueira, 2016); controle da tuberculose (Sá, Nogueira e Moraes, 2015), ocorrência de leishmaniose cutânea (Souza *et al.*, 2023) e combate à dengue (Melo e Moraes, 2018); instalação de unidades de saúde (Goudard, 2014), risco na inspeção de resíduos de unidades de saúde (Silva *et al.*, 2017) e aterro sanitário (Melo, 2001); nível de glicose glicada (Sampaio *et al.*, 2024); saneamento em embarcações (Paula *et al.*, 2019), investimento em saneamento (Bachá *et al.*, 2024) e qualidade do ar (Souza, 2024); desfecho de neonato (Chaves e Nascimento, 2014); e classificação de eletroencefalograma (Conde, 2024).

Além do exposto, a lógica booleana (clássica ou convencional) imporia à proposição (qualquer expressão completa de ideia) o: 1) Princípio da Não Contradição: vedação de ser Verdadeira e Falsa simultaneamente; e 2) Princípio do Terceiro Excluído: somente pode ser Verdadeira ou Falsa, não haveria outra possibilidade. Consequentemente, a proposição assumiria um, e somente um, valor lógico, ou mais explicitamente, apenas poderia ser Verdadeira ou Falsa (Alencar Filho, 2017).

Esse determinismo não foi abarcado pela lógica *fuzzy*, a qual utilizaria o conceito grau de pertinência, o quanto que determinado elemento pertenceria a certo conjunto (Barros e Bassanezi, 2015). Exemplificando, duas pessoas, P1 e P2 apresentaram os seguintes níveis séricos de triglicerídeos 149 ml/dl e 151 ml/dl, respectivamente. À luz da

lógica booleana, P1 pertenceria ao conjunto dos indivíduos normais, enquanto que P2 ao das pessoas Levemente Alto. Entretanto, a diferença de 2 ml/dl não representaria distinção clínica. A lógica *fuzzy* determinaria que P1 pertenceria ao conjunto Normal com grau N1 e ao Levemente Alto com grau L1. Simultaneamente, P2 pertenceria aos mesmos conjuntos com graus N2 e L2, nessa ordem. Matematicamente, a representação consideraria o elemento p , conjunto C e grau de pertinência μ , culminando em (Xexeo, 2022):

$$\mu(p) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ se, e somente se, } p \notin C \\ 1, \text{ se, e somente se, } p \in C \\ 0 \leq \mu(p) \leq 1, \text{ se } p \text{ pertencer parcialmente a } C \end{array} \right\}$$

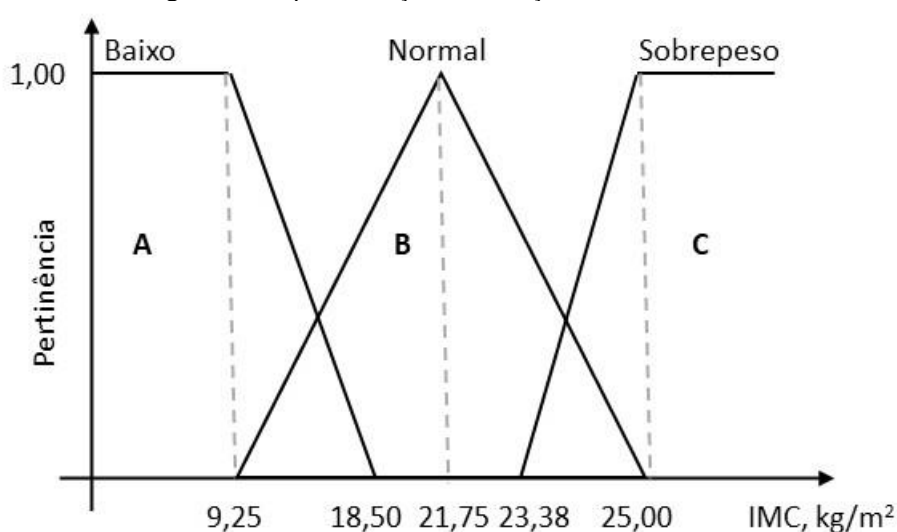
Presumivelmente, o ponto sensível à aplicação *fuzzy* residiria na estimativa do grau de pertinência, o qual dependeria da função de pertinência, cuja escolha estaria associada à experiência e expectativa profissionais, bem como à disponibilidade de sistema computacional. Porque, funções não lineares poderiam demandar elevadas capacidades de processamento e memória. Comumente, empregadas seriam gaussiana, triangular e trapezoidal (Paixão e Abaíde, 2021). Exemplificando, a variável IMC seria constituída de (Duncan, Schmidt e Giugliani, 2004): $F(\text{IMC}) = \{\text{baixo peso, normal, sobrepeso, obesidade I, obesidade II, obesidade III}\}$, dependendo do objetivo poderiam ser considerados o sobrepeso e os tipos de obesidade como sobrepeso, e baixo peso, somente como baixo, então a variável seria reescrita como $F(\text{IMC}) = \{\text{baixo, normal, sobrepeso}\}$, logo haveria os conjuntos *fuzzy* A, B e C, os quais poderiam ser submetidos às funções de pertinência triangular e trapezoidal (Figura 1).

Quando a variável assumisse valor até 9,25 kg/m², o grau de pertinência ao conjunto A seria 1,00, o qual diminuiria à medida que o IMC aumentaria. Simultaneamente, o grau de pertinência ao conjunto B aumentaria, até que alcançar 21,75 kg/m², correspondendo a 1,00. O movimento de decréscimo se repetiria, concomitantemente, à elevação da pertinência ao conjunto C, no qual o limite de 25,00 kg/m² tornaria constante o grau de pertinência em 1,00. As funções trapezoidais em A e C determinaram que $\text{IMC} \leq 18,50$ kg/m² e $\text{IMC} \geq 25,00$ kg/m² teriam graus de pertinência nulos ao conjunto B. Esse associado à função triangular teria somente em $\text{IMC} = 21,75$ kg/m² a nulidade aos demais conjuntos.

A predição *fuzzy* exigiria a adoção de processo de inferência, como o Mamdani (Farias L *et al.*, 2024; Lanzillotti e Lanzillotti, 2014), o qual demandaria as etapas de 1) *Fuzzyficação*, consistiria na obtenção dos graus de pertinência das variáveis de entrada a

cada conjunto *fuzzy*; 2) Avaliação das regras *fuzzy*, estimativa dos valores das saídas pela aplicação das regras; 3) Agregação das regras, coadunação das funções de cada regra, conforme representado na Figura 1; e 4) *Defuzzyficação*, transformação da saída em valor numérico, comumente feito pelo método centroide (CoG), ou seja, o centro de gravidade do conjunto, geometricamente, o ponto que permitiria dividi-lo ao meio, cujo cálculo utilizaria a fórmula I (Xexeo, 2022; Paixão e Abaíde, 2021). Apoiado no exposto, o presente estudo objetivou desenvolver um sistema *fuzzy* para predição de *diabetes mellitus* tipo II.

Figura 1: Representação de Funções de Pertinência.



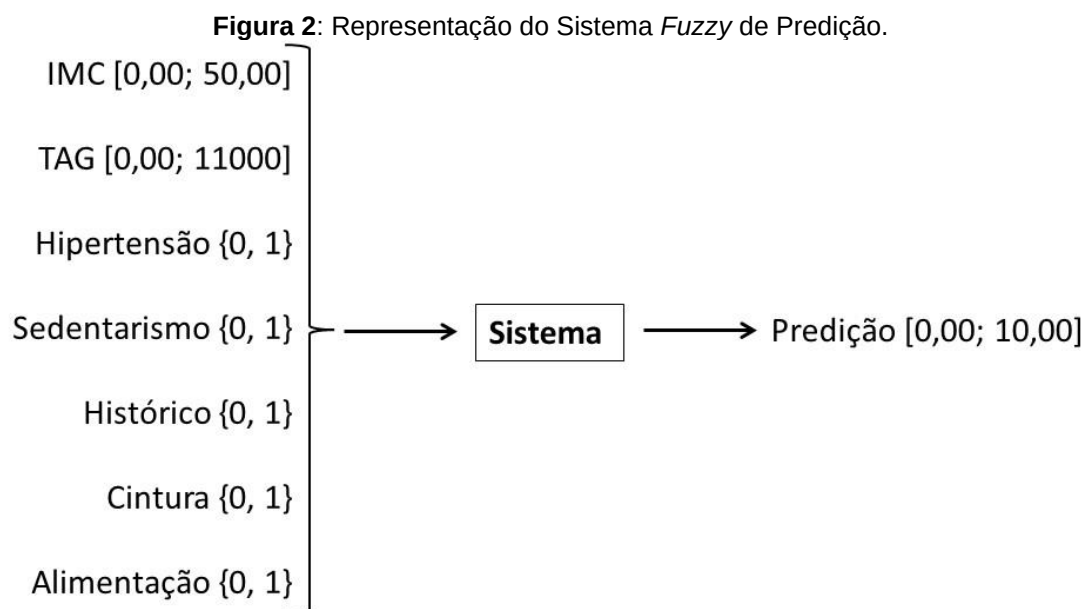
Fonte: Os Autores (2025).

$$CoG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (I)$$

Metodologia

O grupo de voluntários foi composto por 112 pessoas, das quais 69 eram mulheres (61,61%), na faixa etária de 40 a 59 anos, e naturais e residentes na Cidade do Rio de Janeiro. As variáveis de entrada foram Índice de Massa Corporal - IMC (Duncan, Schmidt e Giugliani, 2004), Hipertensão (DHA-SBC, 2021), Sedentarismo (WHO, 2018), Histórico familiar (Chambel e Santos, 2020), nível sérico de triglicerídeos - TAG (Faludi *et al.*, 2017), indicativo de risco pela circunferência de Cintura (Rodríguez e Jimbo, 2015; Picon *et al.*, 2007) e Alimentação, essa representando a adesão à dieta equilibrada (Oliveira *et al.*, 2016), assim entendida em razão de avaliação por nutricionista. Esse conjunto de variáveis com os respectivos domínios possibilitou o desenho do sistema com a variável de saída

Predição (Figura 2). Sequencialmente, elaborou-se a *fuzzyficação*, criação dos conjuntos *fuzzy* com as respectivas funções de pertinência (Quadro I).



Fonte: Os Autores (2025).

Quadro I: Conjuntos *Fuzzy* e Funções de Pertinência.

Variável	Conjunto	Função
IMC, kg/m ²	< 18,50 – Baixo (0) 18,50 – 24,90 – Normal (1) ≥ 25,00 – Sobrepeso (2)	Trapezoidal Trapezoidal Triangular
TAG, ml/dl	< 150 – Normal (0) 150 – 499 – Leve (1) 499 – 999 – Moderado (2) ≥ 1.000 – Alto (3)	Trapezoidal Trapezoidal Trapezoidal Triangular
Hipertensão	Risco (1) Normal (0)	Triangular Triangular
Cintura	Risco (1) Normal (0)	Triangular Triangular
Sedentarismo	Risco (1) Normal (0)	Triangular Triangular
Histórico	Risco (1) Normal (0)	Triangular Triangular
Alimentação	Risco (0) Normal (1)	Triangular Triangular

Fonte: Os Autores (2025).

No Quadro I, observou-se que a primeira variável tinha três valores linguísticos, a segunda, quatro, enquanto as cinco últimas apresentaram dois cada uma, então a quantidade de regras geradas foi 384 (= 3.4.2⁵), que corresponde ao total de combinações

possíveis dos valores linguísticos. Por exemplo, certa pessoa poderia ser caracterizada como IMC = Normal, TAG = Moderado, Hipertensão = Risco, Cintura = Risco, Sedentarismo = Risco, Histórico = Normal, e Alimentação = Normal. A modelagem foi desenvolvida em RStudio 2022.07.1+554 for Windows, com o emprego do pacote FuzzyR 2.3.2.

Resultados e Discussão

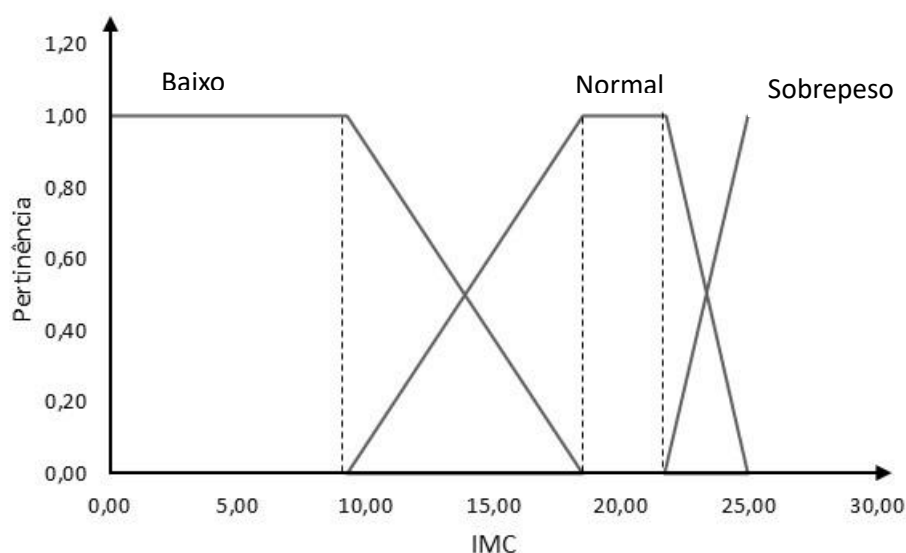
Inicialmente, nas funções de pertinência do IMC (Figura 3) salientada se tornou a forma e o tamanho distintos dos trapézios para Baixo e Normal. Isso ocorreu em razão da amplitude das classificações (Duncan, Schmidt e Giugliani, 2004), o *baixo peso* seria definido por $IMC < 18,50 \text{ kg/m}^2$ ($\Delta = 18,50$ unidades), enquanto o *Normal* residiria entre $18,50 \text{ kg/m}^2$ e $24,90 \text{ kg/m}^2$ ($\Delta = 6,40$ unidades), inclusos os extremos. Consequentemente, a primeira classe deteria maior amplitude, justificando a diferença entre as respectivas áreas trapezoidais. Os formatos distintos refletiram a possibilidade de Grau de Pertinência = 1,00, para Baixo seria até $IMC = 9,25 \text{ kg/m}^2$, ao passo que para Normal se manifestaria entre $18,50 \text{ kg/m}^2$ e $21,50 \text{ kg/m}^2$, também por influência das áreas.

A opção pela função triangular ao Sobrepeso (Figura 3) se estabeleceu pela aglutinação das classes *Sobrepeso*, *Obesidade I*, *Obesidade II* e *Obesidade III* originais (Duncan, Schmidt e Giugliani, 2004) no conjunto Sobrepeso, o qual recepcionaria todas as características para $IMC \geq 25,00 \text{ kg/m}^2$. Tal decisão se sustentou no fato de que a elevação da massa de gordura seria fator de risco ao desenvolvimento do diabetes mellitus (Marques, Costa e Gomes, 2024; Proença *et al.*, 2024), que pese o IMC não manifestar a composição corporal. Então, o emprego do percentual de gordura deteria maior adequação, entretanto a obtenção dessa variável demandaria custo, tempo e recursos superiores, os quais não estavam disponíveis à totalidade dos voluntários.

A variável TAG (Figura 4) apresentou formatos trapezoides similares, porém, novamente, com áreas distintas ocasionadas pelas distintas amplitudes das classes (Faludi *et al.*, 2017). Em *Normal*, $TAG < 150 \text{ ml/dl}$ ($\Delta = 150 \text{ ml/dl}$), *Levemente Alto* com $\Delta = 349 \text{ ml/dl}$ ($= 499 - 150 \text{ ml/dl}$), e *Moderadamente Alto* com $\Delta = 500 \text{ ml/dl}$ ($= 999 - 499 \text{ ml/dl}$). Nessa variável de entrada mantida foi a discriminação original, ocorrendo a nomeação. À primeira luz, a probabilidade de pertinência a determinado conjunto aumentaria simultaneamente à severidade da condição clínica, a qual acompanharia a amplitude do respectivo conjunto. Isso desconsiderando a caracterização epidemiológica do nível sérico

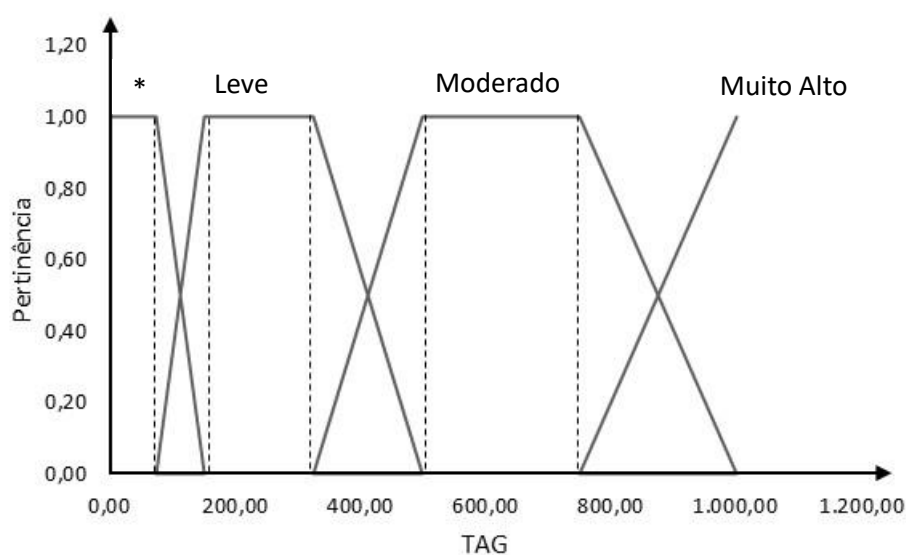
de triglicerídeos, mas sem anular a relação com a resistência à insulina (Coelho *et al.*, 2024; Caetano e Santos, 2024).

Figura 3: Funções de Pertinência da Variável IMC, kg/m².



Fonte: Os Autores (2025).

Figura 4: Funções de Pertinência da Variável TAG, ml/dl. *Normal.

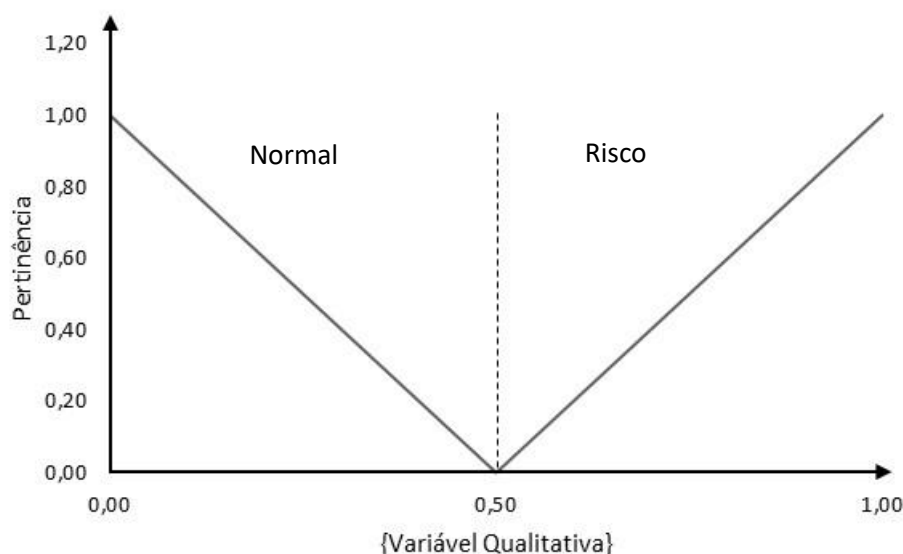


Fonte: Os Autores (2025).

As demais variáveis de entrada foram codificadas como dicotômicas, portanto a função triangular seria adequada (Figura 5). Tal decisão foi tomada, porque não raramente, seriam tratadas como detentoras de um único ponto de corte. Esse, na congruência da circunferência de Cintura, seria 88,00 cm para mulheres e 94,00 cm para homens, valores

superiores indicariam Risco (Souza *et al.*, 2024; Tumax e Liska, 2024). A variável em questão representaria o acúmulo de gordura abdominal, a qual tenderia a se tornar visceral e, principalmente para o presente estudo, favorecer a resistência à insulina, elevando em seis vezes a probabilidade de desenvolvimento do diabetes mellitus (Picon *et al.*, 2007; Tuomilehto *et al.*, 2001)

Figura 5: Representação das Funções de Pertinência das Variáveis Qualitativas {Hipertensão, Sedentarismo, Cintura, Histórico}.



Fonte: Os Autores (2025).

A ascensão dos resultados aferidos para IMC, TAG e circunferência de Cintura poderiam ser consequências da mitigação metabólica, assim como a atenuação da capacidade orgânica de usufruir da insulina. Ambas as situações seriam arvorecidas pelo Sedentarismo (Peñafiel, 2024; Zavala-Hoppe *et al.*, 2024), caracterizando esse como fator de risco de forma necessária e suficiente.

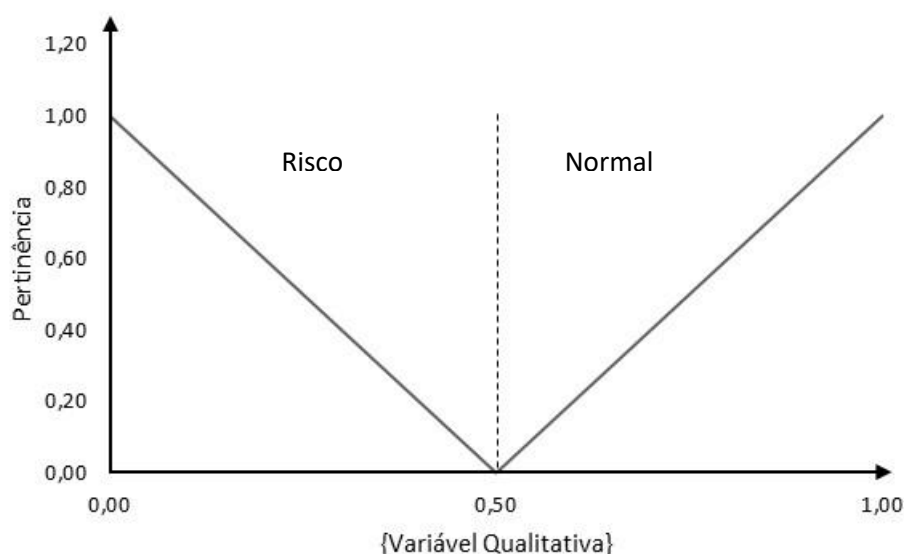
A Hipertensão seria fator de risco ao diabetes, mas a recíproca gozaria de característica tautológica. A resistência à insulina reduziria ação dos Transportadores Facilitadores de Açúcar (GLUTs), grupo de 14 proteínas transmembrana, responsáveis pela difusão facilitada de, especialmente, glicose e frutose pelas células. A elevação da glicemia e da concentração de insulina favoreceria o enrijecimento vascular e desregular a modulação simpática, aumentando a pressão arterial, retroalimentando a resistência à insulina (Calado e Oliveira, 2024; Leitão *et al.*, 2024).

Aparentemente, a hereditariedade teria intensa influência no desenvolvimento da estuda aqui estudada. Não seria a expressão de um único o gene o determinante, mas a

ocorrência de mutações, diversas foram associadas à manifestação do diabetes *mellitus*, tanto que, aproximadamente, 75,00% das ocorrências apresentavam positividade no Histórico familiar (Silva *et al.*, 2024; Carvalho *et al.*, 2024)

Na Alimentação, o ponto de corte foi a dieta adequada (equilibrada e saudável), assim quando essa não era adotada, o Risco se elevaria. Em virtude da simplicidade da variável, a função triangular se mostrou pertinente (Figura 6). A alimentação favorecedora da doença seria aquela predominantemente à base de gorduras, açúcares ou processados (Marcolino *et al.*, 2024; Caetano e Santos, 2024; Alves *et al.*, 2024). Particularmente, os primeiros poderiam potencializar a ocorrência de hiperglicemia tardia, ou seja, ocorrência de pico glicêmico passadas 3h00 a 5h00 da ingesta (Guimarães e Campos, 2019). Os alimentos processados teriam a produção caracterizada pela adição de sal e açúcar, dentre outras substâncias, favorecendo a presença da hipertensão e do diabetes *mellitus* (Marcolino *et al.*, 2024; Caetano e Santos, 2024; Alves *et al.*, 2024).

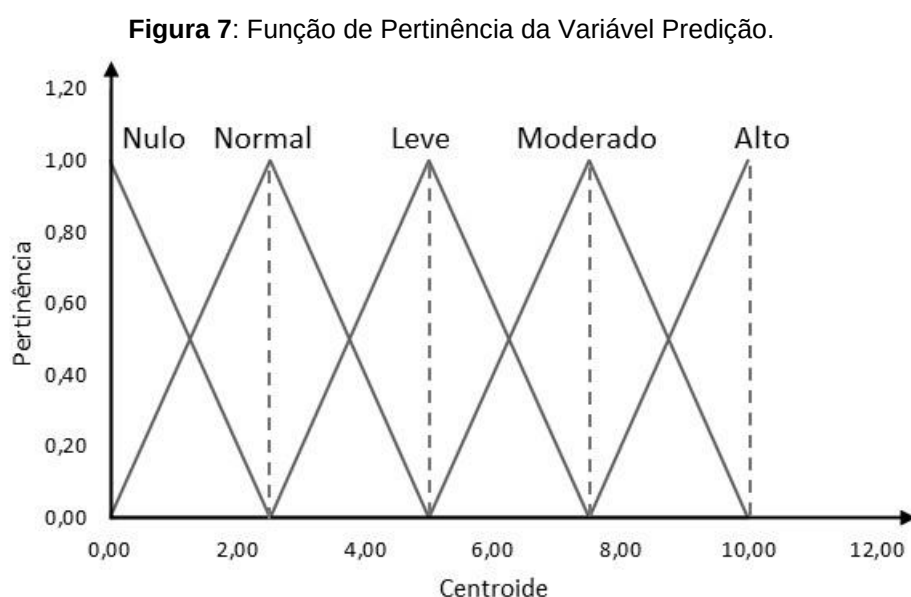
Figura 6: Função de Pertinência da Variável Qualitativa {Alimentação}.



Fonte: Os Autores (2025).

Os conjuntos da variável de saída (Figura 7) foram modelados por cinco funções de pertinência triangulares, porque as regras das variáveis de entrada foram estabelecidas como conjunções (Alencar Filho, 2017). Exemplificando, uma possibilidade de regra seria *IMC = Normal e TAG = Moderado e Hipertensão = Risco e Cintura = Normal e Sedentarismo = Risco e Histórico = Risco e Alimentação = Normal*, a conjunção seria representada pelo conector e. Então, considerando o Quadro I, os desfechos dos voluntários residiriam entre

0 e 10, cuja divisão em passo dois, culminaria nos cinco conjuntos definidos para Predição. Porém, a saída obtida pelo Centroide não atingiria os limites do intervalo, então necessário foi normalizar os valores obtidos à realização da comparação com a análise realizada por profissionais médicos.



Fonte: Os Autores (2025).

A inferência sobre o diagnóstico (Observado) e o valor Predito pelo sistema demonstrou similaridade, valor-p = 0,96 (Tabela 1). Divergências quantitativas ocorreram em seis das 11 Classes (0, 1, 4, 6, 7 e 9), igualmente distribuídas em sub e superestimação. Não obstante, os resíduos foram, no máximo, de duas unidades, Classes 4 e 7. Na classificação semântica (Tabela 2), o comportamento residual se repetiu, porém nas cinco Classes ocorreu distinção entre Observado e Predito. Como consequência, a similaridade foi reduzida (valor-p = 0,77), mas não o suficiente para rejeitar a hipótese nula (H_0 : Observado = Predito). Em última análise, houve evidência estatística de que o sistema *fuzzy* desenvolvido teve desempenho similar ao dos profissionais.

Imperativamente, algumas observações demandaram exposição. Os resultados de predição tenderiam a ser diferentes dos apresentados, não necessariamente piores, caso as variáveis IMC e TAG, por serem contínuas, fossem modeladas por funções gaussianas. A Hipertensão dicotomizada poderia ser expressa pelas aferições das pressões arteriais sistólica e diastólica, também, possibilitando estimar a pertinência pela curva de Gauss.

Tabela 1: Estimativas do Sistema *Fuzzy* para a Predição por Centróide Normalizado, $\chi^2_{(10;095)} = 3,05$; Valor Crítico = 19,31; Valor-p = 0,96.

Classes	Observado	Predito
0	0	1
1	0	1
2	1	1
3	4	4
4	14	12
5	22	22
6	34	33
7	19	21
8	14	14
9	3	2
10	1	1
Total	112	112

Fonte: Os Autores (2025).

Tabela 2: Estimativas do Sistema *Fuzzy* para a Predição por Classe, $\chi^2_{(4;095)} = 2,05$; Valor Crítico = 9,49; Valor-p = 0,77.

Classes	Observado	Predito
Nulo	1	3
Normal	18	16
Leve	56	55
Moderado	33	35
Alto	4	3
Total	112	112

Fonte: Os Autores (2025).

Essas considerações não configurariam demérito ao sistema, mas corroboraria as investigações que combinaram o sistema *fuzzy* com aprendizagem de máquina (*machine learning*) para automatizar o diagnóstico de malária (Sá, 2019), prever a propagação dinâmica da covid-19 (Gomes e Serra, 2021) e reconhecer o efeito de exercícios vocais (Santana, Lopes e Moraes, 2022), ou com rede neural artificial para identificação do estado de saúde de globos oculares (Oliveira, 2023).

Considerações Finais

O objetivo do estudo foi desenvolver um sistema *fuzzy* para predição de *diabetes mellitus* tipo II. Os resultados encontrados não foram estatisticamente distintos daqueles elaborados pelos profissionais. Então, concluiu-se que para o grupo de voluntários avaliado, o sistema modelado foi capaz de realizar predições a contento.

Os futuros estudos podem acrescentar variáveis como existência de doenças renais, diabetes gestacional, uso de medicação glicocorticoide, ovários policísticos e distúrbios psíquicos, pois entendidos seriam como fatores de risco ao desenvolvimento do diabetes. O emprego de codificações pormenorizadas pode fornecer resultados distintos. O desenvolvimento de modelo *fuzzy* baseado em sintomas pode deter característica pragmática mais elevada.

Referências

ALENCAR FILHO, E. **Introdução à lógica matemática**. São Paulo: Nobel, 2017.

ALVES, JS *et al.* Impactos da alimentação saudável e exercícios físicos em pacientes com diabetes mellitus tipo 2: um olhar a luz das evidências. **Nutrição Brasil**, v. 23, n. 5, p. 1223-1233, 2024.

BACHÁ, L *et al.* Hierarquização fuzzy para tomada de decisão de priorização no investimento de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 32, n. 4, e32040490, 2024.

BARROS, LC; BASSANEZI, RC. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas (SP): IMECC, 2015.

BEMVENUTTI, RH; FRANZ, LAS; SILVA, MAG. Aplicação da lógica *fuzzy* na segurança e saúde do trabalho. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 10, n. 17, p. 97-112, 2022.

CAETANO, IMA; SANTOS, LAA. Avaliação da dieta *low carb* para diabéticos tipo 2-revisão de literatura. **Revista Científica Interdisciplinar das Faculdades Integradas de Jaú**, v. 1, n. 1, p. 27-33, 2024.

CALADO, AVM; OLIVEIRA, MLM. Calçada amiga: dialogando com a comunidade sobre a hipertensão arterial e o diabetes mellitus no território. **Revista Ciência Plural**, v. 10, n. 1, a. 31605, 2024.

CARVALHO, LMF *et al.* Educação em saúde utilizando redes bayesianas para avaliação do risco de diabetes mellitus tipo 2 e hipertensão arterial sistêmica. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 12, p. e7067, 2024.

CHAMBEL, B; SANTOS, C. História familiar como estratégia de prevenção de diabetes *mellitus*. **Revista Portuguesa de Diabetes**, v. 15, n. 1, p. 16-18, 2020.

CHAVES, LE; NASCIMENTO, LFC. Estimando o desfecho no recém-nascido usando lógica *fuzzy*. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 2, p. 164-170, 2014.

COELHO, NC *et al.* Relação da resistência à insulina com o aparecimento da Diabetes Mellitus Tipo II, uma revisão narrativa da literatura. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 12, e6584, 2024.

CONDE, WB. **Classificação de ECG utilizando um sistema de Inferência neuro-fuzzy adaptativo**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica-Eletrônica. Faculdade de Tecnologia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus (AM), 2024.

COSENZA, HJSR *et al.* HFMEA-fuzzy model: an evaluation of the main risk factors occurring in 47 emergency care units (ECU). **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 3, p. 1-19, 2024.

COSTA, AJL. **Mensuração do grau de incapacitação funcional através de um modelo baseado na lógica fuzzy**. Tese (Doutorado em Epidemiologia) – Departamento de Epidemiologia. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

DEPARTAMENTO DE HIPERTENSÃO ARTERIAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (DHA-SBC), Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH), Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN). Diretrizes brasileiras de hipertensão arterial – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 3, p. 516-658, 2021.

DUNCAN, BB; SCHMIDT, MI; GIUGLIANI, ERJ (Org.). **Medicina ambulatorial**: condutas de atenção primária baseada em evidências. Porto Alegre (RS): Artmed, 2004.

FALUDI, AA *et al.* Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.109, n. 2Supl.1, p. 1-76, 2017.

FARIAS, DS *et al.* Palmilha inteligente para monitoramento de marcha humana utilizando controlador fuzzy. **Revista Brasileira de Mecatrônica**, v. 6, n. 4, p. 26-53, 2024.

FARIAS, LM *et al.* Aplicação de lógica fuzzy na análise de eficiência de uma linha de soldagem para contribuir no processo de tomada de decisão. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 3, p. e3599-e3599, 2024.

GOMES, DCS; SERRA, GLO. Machine learning model for computational tracking and forecasting the COVID-19 dynamic propagation. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 25, n. 3, p. 615-622, 2021.

GOUDARD, B. **Localização da implantação de unidades básicas de saúde utilizando lógica fuzzy e sistemas de informação geográfica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

GUIMARÃES, DB; CAMPOS, TF. **Terapêutica nutricional no diabetes**. Conversão de ingestão de proteínas e gorduras para *bolus* alimentar. Contribuição Técnico-Científica. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Diabetes. Departamento de Nutrição. 2019.

LANZILLOTTI, HS; LANZILLOTTI, RS. (Ed.). **Lógica fuzzy**: uma abordagem para o reconhecimento de padrão. Jundiaí (SP): Paco, 2014.

LEITÃO, VBG *et al.* Co-ocorrência de hipertensão arterial e diabetes mellitus e uso simultâneo de medicamentos: Vigitel 2011 e 2021. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 27, p. e240060, 2024.

LIMA, FAM; BOENTE, ANP. Análise de dados de pessoas com déficit funcional: modelo fuzzy para tomada de decisão. **Revista Caderno Pedagógico**, v.21, n.10, p. 01-26. 2024.

MARCOLINO, GJ *et al.* Melhoria do controle de diabetes mellitus e hipertensão arterial sistêmica na atenção primária através da alimentação. **Periódicos Brasil. Pesquisa Científica**, v. 3, n. 2, p. 797-803, 2024.

MARQUES, EBO; COSTA, SHN; GOMES, CM. Prevalência de obesidade e diabetes mellitus em Goiânia com dados do sistema VIGITEL-2013 A 2023. **Revista Científica da Escola Estadual de Saúde Pública de Goiás " Cândido Santiago"**, v. 10, p. 1-7 10e2, 2024.

MELO, ALO. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando lógica fuzzy e análise multi-critério**: uma proposta metodológica. Aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim - ES. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa (MG), 2001.

MELO, JCS; MORAES, RM. Sistema espacial de suporte à decisão para gestão do combate ao dengue usando lógica fuzzy. **Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, v. 19, n. 3, p. 405-421, 2018.

OLIVEIRA, GPC. **Reconhecimento do estado de saúde de globos oculares utilizando a rede neural artmap fuzzy**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira (SP), 2023.

OLIVEIRA, LMSM *et al.* Adesão ao tratamento dietético e evolução nutricional e clínica de pacientes com diabetes mellitus tipo 2. **HU Revista**, v. 42, n. 4, p. 277-282, 2016.

PAIXÃO, JL; ABAÍDE, AR. Métodos matemáticos de modelagem e otimização: lógica fuzzy. In FREITAS, LC. **Coleção desafios das engenharias: engenharia elétrica**. Ponta Grossa (PR): Atenas, 2021, p.15-38.

PAULA, DLM *et al.* Saneamento nas embarcações fluviais de passageiros na Amazônia: uma análise de risco ao meio ambiente e à saúde por meio da lógica fuzzy. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24 n. 2, p. 283-294, 2019.

PEÑAFIEL, BDG. Factores de Riesgo Asociados a Diabetes Mellitus Tipo 2. **Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano**, v. 5, n. 2, p. 101-115, 2024.

PICON, PX *et al.* Medida da cintura e razão cintura/quadril e identificação de situações de risco cardiovascular: estudo multicêntrico em pacientes com diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, p. 443-449, 2007.

PROENÇA, C *et al.* Como tratar a obesidade associada à diabetes tipo 2? **Revista de Ciência Elementar**, v. 12, n. 1, a. 006, 2024. DOI <http://doi.org/10.24927/rce2024.006>

RIBEIRO, FSN; PINHEIRO, TMM. A epidemiologia e a área de saúde do trabalhador. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 49, n. edepi18, 2024.

ROCHA, JMFRC; SILVA, LH; MORAES, RM. Detecção de câncer de mama utilizando *fuzzy unordered rule induction algorithm*. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 11, n. 1, p. 010377-1 – 010377-7, 2025.

RODRÍGUEZ, JH; JIMBO, PND. Índice cintura/talla y su utilidad para detectar riesgo cardiovascular y metabólico. **Revista Cubana de Endocrinología**, v. 26, n. 1, p. 66-76, 2015.

SÁ, LR; NOGUEIRA, JA; MORAES, RM. Modelo de decisão sobre o perfil demográfico para o controle da tuberculose usando lógica Fuzzy. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 17, n. 2, p. 223-237, 2015.

SÁ, YVA. Automatização total do diagnóstico de malária – Fase 1: teste de viabilidade – Modelo classificatório fuzzy. **Anais do 14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto (MG), 2019, p. 3141-3146.

SAMPAIO, FF *et al.* Regressão linear e a lógica fuzzy na análise de fatores de influência sobre a hemoglobina glicada de crianças e adolescentes com diabetes mellitus tipo 1. **Revista Aracê**, v. 6, n. 4, p. 17757-17777, 2024.

SANTANA, ÉR; LOPES, L; MORAES, RM. Recognition of the effect of vocal exercises by fuzzy triangular naive Bayes, a machine learning classifier: A preliminary analysis. **Journal of Voice**, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.10.001>

SILVA, EEF *et al.* Fatores de risco e complicações associadas em pacientes com Diabetes Mellitus atendidos em um ambulatório de Minas Gerais. **Interdisciplinary Journal Of Ciências Médicas**, v. 8, n. 1, p. 56-70, 2024.

SILVA, NFC *et al.* **Fuzzy Visa**: um modelo de lógica fuzzy para a avaliação de risco da Vigilância Sanitária para inspeção de resíduos de serviços de saúde. **Physis Revista de Saúde Coletiva**, v. 27, n. 1, p. 127-146, 2017.

SILVEIRA JUNIOR, CR; CÂNEO, DR; SIQUEIRA, KM. Identificação do risco de saúde da gestante utilizando lógica fuzzy. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**, Goiânia (GO), 2016, p. 41-52.

SIMÕES, MG; SHAW, IS. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo: Blucher, 2007.

SOUSA, CA; DUARTE, PS; PEREIRA, JCR. Lógica fuzzy e regressão logística na decisão para prática de cintilografia das paratiróides. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 40, n. 5, p. 898-906, 2006.

SOUZA, BC *et al.* Leishmaniose cutânea no estado do Pará, Brasil: análise baseada em lógica fuzzy. **Journal of Health Informatics**, v. 15, n. 1, p. 31-37, 2023.

SOUZA, GS. **Lógica fuzzy aplicada à avaliação da qualidade do ar na cidade de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Universidade Estadual Paulista. Sorocaba (SP), 2024.

SOUZA, MLM *et al.* Desempenho de índices antropométricos como instrumentos de rastreamento para diabetes autorreferido na população brasileira: estudo transversal. **REME-Revista Mineira de Enfermagem**, v. 28, e-1539, 2024.

TONETTO, LM *et al.* O papel das heurísticas no julgamento e na tomada de decisão sob incerteza. **Estudos de Psicologia**, v. 23, n. 2, p. 181-189, 2006.

TUMAX, K; LISKA, C. Relación entre índice cintura cadera, índice cintura talla y la Escala de FINDRISC en adultos de Guatemala. **Revista Científica**, v. 32, n. 1, p. 1–13, 2024.

TUOMILEHTO, J *et al.* Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. **New England Journal of Medicine**, v. 344, n. 18, p. 1343-1350, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world**. Geneva (Switzerland): World Health Organization, 2018.

XEXEO, GB. **Conjuntos e lógica fuzzy**: introdução à teoria e aplicações. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2022.

ZAVALA-HOPPE, AN *et al.* Factores de riesgo y sus complicaciones en pacientes con diabetes mellitus en Latinoamérica. **MQRInvestigar**, v. 8, n. 1, p. 1446-1463, 2024.