

Avaliação de risco de diabetes tipo 2 via sistema *fuzzy*

Camila S. Sant'Anna¹ Magda S. Peixoto²

DFQM, Universidade Federal de São Carlos, 18052-780, Sorocaba/SP.

Resumo. Neste trabalho apresentamos um sistema baseado em regras *fuzzy* para avaliar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes do tipo 2. Para isso, consideramos como variáveis de entrada do sistema os principais fatores de risco: Índice de Massa Corpórea, Hereditariedade, Sedentarismo, Estresse e Faixa Etária. Diabetes é uma doença crônica na qual o corpo não produz insulina ou não consegue empregar adequadamente a insulina que produz. Na maioria dos casos, medidas preventivas podem ser tomadas, devido ao fato de estar associada ao peso e ao estilo de vida.

Palavras-chave: Conjuntos Fuzzy; Base de Regras; Diabetes; Fatores de Risco.

1. Introdução

Diabetes Mellitus é uma doença na qual o corpo não produz insulina ou não consegue empregar adequadamente a insulina que produz. Essa doença se caracteriza pela elevação da glicose no sangue (hiperglicemia). Sua causa pode ocorrer devido a defeitos na secreção ou à ação da insulina, produzida no pâncreas.

Segundo BBC (2016), em 2014, pelo menos 350 milhões de pessoas viviam com diabetes. Em 2012, essa doença havia causado a morte de 1,5 milhão de pessoas, número que a Organização Mundial da Saúde calcula que aumentará em cerca de 50% nesta década.

Estudos apontam que, atualmente no Brasil, há mais de 13 milhões de pessoas vivendo com diabetes, o que representa 6,9% da população. E esse

¹mila_santanna15@hotmail.com

²magda@ufscar.br

número está crescendo. Em alguns casos, o diagnóstico demora, favorecendo o aparecimento de complicações.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Diabetes, existem diversas condições que podem levar ao diabetes, porém, os casos mais comuns são divididos em dois grupos: Diabetes Tipo 1 e Diabetes Tipo 2. Diabetes Tipo 2 é o mais incidente dentre os pacientes. Nesse caso, o organismo desenvolve resistência à insulina produzida ou até mesmo passa a ter deficiência em sua secreção e está associada ao acúmulo de peso corpóreo e ao estilo de vida.

Pelo impacto social e econômico, que tem ocasionado, tanto em termos de produtividade quanto de custos, o Diabetes Mellitus vem sendo reconhecido, em vários países como problema de saúde pública, com reflexos sociais importantes. Suas manifestações crônicas são ainda, na nossa realidade, causas comuns de hospitalizações e absenteísmo no trabalho. Sobressaem, dentre elas, as doenças oculares, renais e vasculares, que tem sido apontadas como causas frequentes de invalidez e incapacitação para o trabalho. (Ortiz e Zanetti, 2001)

Os principais fatores de risco para o desenvolvimento do diabetes são:

1. **Índice de Massa Corpórea (IMC)**

Excesso de peso é um dos principais fatores de risco da doença: quanto mais acima do peso, e quanto mais larga a cintura do indivíduo estiver, maior o perigo de ficar diabético. Perder peso, ainda que pouco, reduzirá o risco.

2. **Hereditariedade**

Possuir membros da família direta com diabetes é uma indicação de predisposição genética. Mesmo que seja um fator que não se pode mudar, a ciência disso ajuda a tomar outras precauções.

3. **Sedentarismo**

O exercício físico é muito importante para uma boa saúde, ou seja, qualquer exercício que faça a pessoa se movimentar, ajuda no controle do peso e a reduzir o nível de açúcar no sangue, pois dessa forma o corpo usa insulina de maneira mais efetiva. Estima-se que cada quilo adicional aumente o risco da doença em 16%.

4. **Estresse**

Existe uma correlação entre problemas de saúde mental e diabetes tipo 2. Não se sabe ao certo o motivo, mas a ansiedade e o estresse podem

fazer que os níveis de glicose no sangue aumentem. Na maioria das vezes, esses problemas estão acompanhados de comportamentos compulsivos e prejudiciais, como comer e beber muito. De acordo com Ortiz e Zanetti (2001), nessa direção, a ansiedade mental e fisiológica pode diminuir a tolerância à glicose, como também precipitar o diabetes em pessoas cuja tolerância à já está em declínio. Desse modo, o estresse no ambiente de trabalho pode contribuir para o aparecimento da doença.

5. Faixa Etária

O risco de desenvolver diabetes do tipo 2 aumenta com o passar dos anos. A atenção precisa ser redobrada a partir dos 49 anos.

Vale ressaltar a importância dos cuidados com a saúde ao envelhecer.

Na grande maioria dos casos, medidas preventivas podem ser tomadas. Isso porque a diabetes do tipo 2, está associada ao peso e ao estilo de vida. Sua prevenção resulta na prática de uma série de ações afim de evitar seu aparecimento ou complicação. Além do que seus fatores de risco são, na maioria dos casos, modificáveis. Portanto, está nas mãos de cada indivíduo fazer algo para afastar a ameaça da doença.

2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é elaborar um modelo matemático para avaliar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes do tipo 2 por meio de um sistema baseado em regras *fuzzy*. Para isso, utilizamos como variáveis de entrada do sistema os fatores de risco imc, hereditariedade, sedentarismo, estresse e faixa etária. Esperamos que a partir dessa proposta, os indivíduos sintam-se motivados a buscar uma orientação médica a fim de se prevenirem contra a doença.

3. Sistemas Baseados em Regras *Fuzzy*

A Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* surgiu a partir de desafios no qual a propriedade que define o conjunto é incerta. Foi introduzida pelo matemático Lofti Asker Zadeh.

Em um artigo publicado em 1965, Zadeh, resumiu os conceitos dos conjuntos *fuzzy*, solucionando e revolucionando o assunto com a criação de sistemas *fuzzy*. (Zadeh, 1965).

De acordo com Ortega (2001), a intenção de Zadeh foi flexibilizar a pertinência de elementos aos conjuntos criando a ideia de *grau de pertinência*. Dessa forma, um elemento poderia pertencer parcialmente a um dado conjunto. Sua formalização matemática, baseia-se no fato de que qualquer conjunto clássico (ou conjunto crisp) pode ser caracterizado por uma função característica definida por um conjunto universo U e um subconjunto de U , A . Tal função, cujo domínio é U e a imagem está contida no conjunto $\{0, 1\}$ indica quando um elemento $x \in U$ pertence ou não a A . Dessa forma, a função característica descreve completamente o conjunto A , uma vez que indica quais elementos do conjunto U são elementos de A . Porém, existem casos em que a pertinência entre os elementos desse conjunto não é precisa. Diante disso, formulou-se um subconjunto *fuzzy*, através da ampliação do conjunto imagem da função característica que passa então a ser todo o intervalo $[0, 1]$. Logo, um subconjunto *fuzzy* F de U (clássico) é caracterizado pela função de pertinência $F : U \rightarrow [0, 1]$. O valor $\varphi_F \in [0, 1]$ indica o grau com que o elemento x de U está no conjunto *fuzzy* F ; $\varphi_F(x) = 0$ e $\varphi_F(x) = 1$ indicam, respectivamente, a não pertinência e a pertinência completa de x ao conjunto *fuzzy* F .

Os mais diversos sistemas do mundo real são controlados pelas ações humanas através de informações imprecisas. Cada indivíduo recebe informações que são interpretadas de acordo com seus parâmetros para mais tarde decidir a atitude a ser tomada. O controle e a execução de tarefas devem seguir uma sequência de ordens linguísticas, traduzidas por um conjunto de regras, capazes de serem decodificadas pelo controlador (Peixoto, 2005).

As tarefas nos controladores *fuzzy* são comandadas por meio de termos da linguagem usual, relacionados a alguma variável de interesse, e nesse aspecto variáveis linguísticas desempenham papel fundamental. Tais termos, traduzidos por conjuntos *fuzzy*, são utilizados para transcrever a base de conhecimentos através de uma coleção de regras *fuzzy* (base de regras *fuzzy*). A relação *fuzzy* é obtida a partir dessa base de regras, com a finalidade de produzir a saída (resposta, ação) para cada entrada (estado, condição). Cada proposição *fuzzy* é “traduzida” matematicamente por meio do método de inferência *fuzzy*. Basicamente, é dele que depende o sucesso do controlador *fuzzy*, uma vez que ele fornecerá a saída (controle) *fuzzy* a ser adotada pelo controlador, a partir de

cada entrada *fuzzy*. (Barros e Bassanezi, 2010)

Neste trabalho, utilizamos o método de inferência de Mamdani que tem por base a regra de composição de inferência *max – min*, onde adota-se a t-norma \wedge (mínimo) para o conectivo lógico “e” e para o conectivo lógico “ou” adota-se a t-conorma \vee (máximo) que conecta as regras *fuzzy* da base de regras.

Por fim, o método de *defuzzificação* permite representar um conjunto *fuzzy* por um valor crisp (número real). O método de *defuzzificação* aqui utilizado é o centróide. Este método fornece a média das áreas de todas as figuras que representam os graus de pertinência de um subconjunto *fuzzy*.

4. O Sistema *Fuzzy*

Como observado anteriormente, o diabetes é uma doença cuja ocorrência está relacionada principalmente, aos hábitos cotidianos e à qualidade de vida das pessoas.

Segundo Ortiz e Zanetti (2001), Grillo e Gorini (2007), para a elaboração do sistema, os principais fatores de risco para o desenvolvimento do diabetes são:

- IMC - Magro = RISCO BAIXO; Sobrepeso = RISCO ALTO ou Obeso = RISCO ALTO;
- Hereditariedade - Não = RISCO BAIXO; Sim = RISCO ALTO;
- Sedentarismo - Sim = RISCO ALTO, Não = RISCO BAIXO;
- Estresse - Muito = RISCO ALTO; POUCO = RISCO BAIXO;
- Faixa Etária - Até 49 anos = RISCO BAIXO; Acima dos 49 anos = RISCO ALTO;

Não modelo aqui proposto, os fatores acima são definidos como conjuntos *fuzzy* (baseados em informações qualitativas de especialistas) e permitem propor regras que relacionam os fatores acima com a chance de um indivíduo desenvolver diabetes tipo 2.

Assim, o sistema possui cinco variáveis de entrada (IMC, Hereditariedade, Sedentarismo, Estresse e Faixa Etária) e uma variável de saída (risco de um indivíduo desenvolver diabetes do tipo 2). Para essas variáveis, atribuiu-se termos linguísticos e cada um deles com funções de pertinência dos tipos trapezoidal e triangular como segue:

- A variável *fuzzy* IMC é definida pelos subconjuntos *fuzzy* {magro, sobrepeso e obeso} de acordo com classificação feita pelo IMC 1 (ver Figura 1).

Tabela 1: Tabela IMC. Fonte: (IMC, 2017)

Resultado	Situação
Abaixo de 17	Muito abaixo do peso
Entre 17 e 18,49	Abaixo do peso
Entre 18,5 e 24,99	Peso normal
Entre 25 e 29,99	Acima do peso
Entre 30 e 34,99	Obesidade 1
Entre 35 e 39,99	Obesidade 2 (severa)
Acima de 40	Obesidade 3 (mórbida)

- A variável Hereditariedade é definida pelos subconjuntos *crisp* {sim, não} (ver Figura 2).
- A variável Sedentarismo é definida pelos subconjuntos *crisp* {sim, não} (ver Figura 3).
- A variável *fuzzy* Estresse é definida pelos subconjuntos *fuzzy* {pouco, muito} (ver Figura 4).
- A variável *fuzzy* Faixa Etária é definida pelos subconjuntos *fuzzy* {adulto, meia-idade} (ver Figura 5).

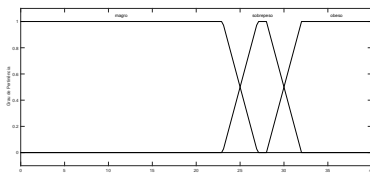


Figura 1: Variável IMC

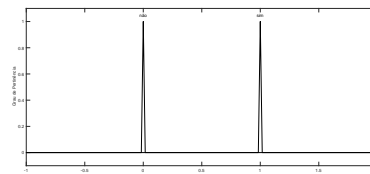


Figura 2: Variável Hereditariedade

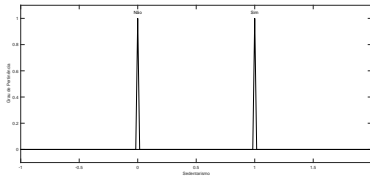


Figura 3: Variável Sedentarismo

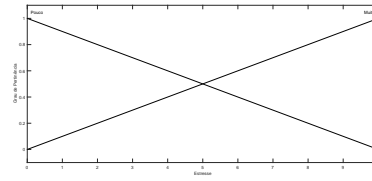


Figura 4: Variável Estresse

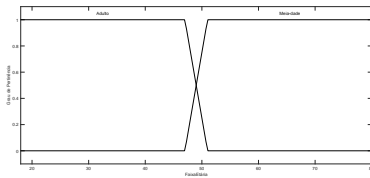


Figura 5: Variável Faixa Etária

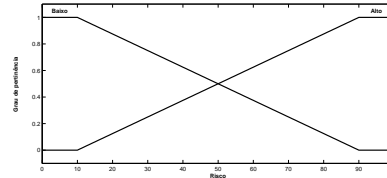


Figura 6: Variável Risco

Por meio da análise do conjunto dos dados que envolvem as variáveis citadas, estabeleceu-se uma base de regras linguísticas relacionando-as, com o intuito de estimar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes do tipo 2. Nesse sistema *fuzzy*, foi elaborada uma base de regras com 48 regras, do tipo: 1. “Se (IMC é magro) e (Hereditariedade é não) e (Sedentarismo é não) e (Estresse é pouco) e (Faixa Etária é adulto), então (risco é baixo)”; 2. “Se (IMC é obeso) e (Hereditariedade é sim) e (Sedentarismo é sim) e (Estresse é muito) e (Faixa Etária é meia-idade), então (risco é alto)”.

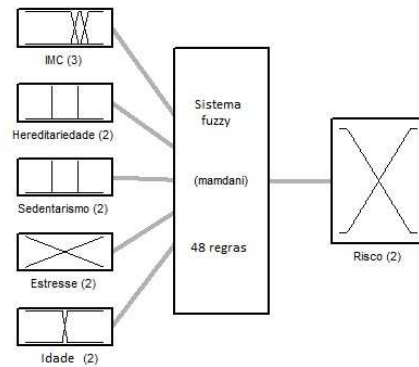


Figura 7: Sistema *Fuzzy*

Esta proposta de modelo matemático foi desenvolvida via ferramenta *Toolbox Fuzzy* do software *MATLAB*[®], que possibilita trabalhar com sistemas *fuzzy*.

5. Resultados

Foi elaborado um questionário onde a pessoa digita suas respostas de acordo com os comandos indicados.

Assim, consideramos dois exemplos hipotéticos e simulamos os resultados apresentados a seguir:

Exemplo 1: Suponha um indivíduo que:

- Tenha peso normal;
- Possui histórico de familiar portador de diabetes;
- Não pratica atividade física;
- É pouco estressado;
- Tem 48 anos de idade;

Dessa forma, esse paciente deve digitar suas respostas seguindo os comandos:

Digite o seu "IMC": 21

Para a Variável "Hereditariedade" considere:

Você possui histórico familiar de diabetes tipo 2? Se sim, digite 1, se não, digite 0: 1

Para a Variável "Sedentarismo" considere:

Você pratica algum tipo de atividade física? Se sim, digite 1, se não, digite 0: 0

Para a Variável "Estresse" considere:

De uma escala de 0 a 10, qual é o seu grau de estresse?: 2

Digite sua "Idade": 48

Resultado:

Risco de desenvolver diabetes tipo 2 = 36,6353, ou seja, o risco de vir a ter Diabetes tipo 2 é Ligeiro.

Nessas condições, na avaliação gerada pelo sistema fuzzy proposto, o indivíduo possui LIGEIRO risco de desenvolver diabetes.

Exemplo 2: Suponha um indivíduo que:

- Seja obeso;
- Possui histórico de familiar portador de diabetes;
- Não pratica atividade física;
- É estressado;
- Tem 60 anos de idade;

Dessa forma, esse paciente deve digitar suas respostas seguindo os comandos:

Digite o seu "IMC": 38

Para a Variável "Hereditariedade" considere:

Você possui histórico familiar de diabetes tipo 2? Se sim, digite 1, se não, digite 0: 1

Para a Variável "Sedentarismo" considere:

Você pratica algum tipo de atividade física? Se sim, digite 1, se não, digite 0: 0

Para a Variável "Estresse" considere:

De uma escala de 0 a 10 qual é o seu grau de estresse?: 5

Digite sua "Idade": 60

Resultado:

Risco de desenvolver diabetes tipo 2 = 64.3050, ou seja, o risco de vir a ter Diabetes tipo 2 é Alto.

Nessas condições, na avaliação gerada pelo sistema *fuzzy* proposto, o indivíduo possui ALTO risco de desenvolver diabetes.

6. Conclusões

A Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* tem sido uma ferramenta com fundamentação teórica para se estudar quantitativamente fenômenos onde aspectos de gradualidades (e, portanto de qualidades) são julgados fundamentais para seu modelamento matemático. Diante disso, podemos afirmar que tal teoria é uma ferramenta muito útil para estimar o risco do desenvolvimento de uma doença, em nosso caso, o diabetes, em uma população.

Utilizando um sistema baseado em regras *fuzzy* foi possível modelar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes tipo 2 sem o uso de equações diferenciais explícitas.

Classificada como uma das principais doenças da atualidade, o diabetes mellitus afeta cada vez mais o homem devido a vários fatores, alguns devido a mudança no estilo de vida, como a obesidade, sedentarismo e estresse, e outros como hereditariedade e envelhecimento.

Um sistema baseado em regras *fuzzy* foi utilizado para elaborar um modelo matemático para avaliar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes tipo 2. Para tanto, consideramos imc, hereditariedade, sedentarismo, estresse e faixa etária como os principais fatores de risco da doença, de acordo com dados da literatura, como variáveis de entrada do sistema *fuzzy*.

Foi gerado um algoritmo para que um indivíduo entre com seus dados para a simulação. Há um grande número de testes qualitativos disponíveis para se avaliar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes. Neste trabalho foi apresentado um modelo que avalia qualitativa e quantitativamente esse risco. O modelo aqui proposto apresentou 100% de concordância com esses testes.

Esperamos que os resultados gerados pelo sistema aqui proposto seja motivador na busca de orientação médica, a fim de prevenção da doença, ou seja, que resultado encontrado funcione como alerta dos cuidados com a saúde e, posteriormente em busca de ajuda médica.

Agradecimentos

À enfermeira da rede pública pela cooperação anônima para o desenvolvimento deste trabalho. A segunda autora agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto número 2016/04299 – 9, pelo apoio financeiro.

Referências

- Barros, L. C. e Bassanezi, R. C. (2010). *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*, volume 5 of *Coleção Textos Didáticos*. IMECC–UNICAMP.
- BBC (2016). Você corre o risco de desenvolver diabetes: Faça o teste. URL: <http://www.bbc.com/> Acesso em: 15/07/2016.
- Grillo, M. F. e Gorini, M. C. (2007). Caracterização de pessoas com diabetes mellitus tipo 2. *Rev.Bras Enfermagem*, 60(1):49–54.
- IMC, C. (2017). Tabela de imc. URL: <http://www.calculoimc.com.br/> Acesso em: 28/04/2017.
- Ortega, N. S. (2001). Aplicação da teoria dos conjuntos *Fuzzy* a problemas de biomedicina. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo/SP.
- Ortiz, M. A. e Zanetti, M. L. (2001). Levantamento dos fatores de risco para diabetes mellitus tipo 2 em uma instituição de ensino superior. *Rev.Latino-am Enfermagem*, 9(3):58–63.
- Peixoto, M. S. (2005). Sistemas dinâmicos e controladores *Fuzzy*: um estudo da dispersão da morte súbita dos citros em são paulo. Dissertação de Mestrado, IMECC–UNICAMP, Campinas/SP, Brazil (*in Portuguese*).
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353.

