

# Diagnósticos de Risco da Incidência de Doenças Cardiovasculares

Luana Tais Bassani<sup>1</sup>, Augusto Terranova Rocha<sup>2</sup> e Rodney Carlos Bassanezi<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, IMECC, UNICAMP,  
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 651, CEP 13083-859, Campinas, SP

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Médicas, FCM, UNICAMP, Rua Tessália Vieira de Camargo, 126,  
CEP: 13083-887, UNICAMP, Campinas, SP  
lbassani@ime.usp.br, dr\_augustorocha@outlook.com, rodney@ime.unicamp.br

**Resumo.** Existem diversos preditores de risco da incidência de doenças cardiovasculares, sendo que cada um possui um conjunto de variáveis analisadas para avaliar o paciente. Nesse trabalho, comparam-se os diagnósticos obtidos por um preditor elaborado por meio de um sistema de base de regras fuzzy (SBRF), com preditores estatísticos oriundos do *Framingham Heart Study*, além de considerar os diagnósticos de um médico especialista e 14 residentes. As variáveis de entrada foram validadas por método estatístico. A saída do SBRF foi o risco de desenvolver doenças cardiovasculares em dez anos, obtida através do módulo de inferência de Mamdani e da defuzzificação pelo centro de massa. A partir dos resultados, observou-se que o SBRF e a média dos preditores de *Framingham* têm equivalência. Ademais, o método SBRF propiciou diagnósticos coerentes, semelhantes aos de um médico experiente, obtendo uma semelhança maior do que ao considerar o diagnóstico dos médicos residentes com o do especialista.

**Palavras-chave:** Doenças cardiovasculares, Diagnósticos, Sistema de base de regras fuzzy, *Framingham Heart Study*.

## 1 Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) estão inclusas nas principais causas de óbito [10]. De acordo com dados atualizados em 2014, 29,4% de todas as mortes registradas no Brasil em um ano foram por DCV, sendo 60% das vítimas homens [3]. Dessa forma, verifica-se a necessidade de desenvolver métodos para prever essas anomalias, com a finalidade de auxiliar o médico no diagnóstico do caso, bem como controlar aspectos da saúde que apresentam maior influência nas incidências e preveni-las.

No momento em que o médico atribui um diagnóstico, fundamenta-se em variáveis e sintomas que são característicos de determinada doença. Dessa forma, encontra casos em que se faz necessário estimar a predisposição do paciente à doença, o que pode ser quantificado por meio da teoria dos conjuntos fuzzy [1].

Com efeito, estudos dessa natureza podem contribuir na avaliação do diagnóstico, uma vez que as doenças cardiovasculares são avaliadas por meio de fatores de risco,

de forma subjetiva. A avaliação do risco de um evento cardiovascular é importante, uma vez que propõe formas de prevenção, já que dependem, de certa forma, de hábitos e escolhas de cada indivíduo [7].

Ao motivar-se pela realidade brevemente descrita, foi proposto um método alternativo para prever o risco da incidência de DCV em dez anos. A partir do preditor desenvolvido, foi possível estabelecer comparativos com formas já conhecidas de diagnóstico. Há três preditores elaborados pelo grupo *Framingham Heart Study*, que são difundidos para obter diagnóstico e utilizam de cálculos estatísticos para prever o risco em 10 anos ([5], [6]). Ainda, foi possível comparar o diagnóstico do SBRF com o diagnóstico de especialistas.

## 2 Metodologia

O método alternativo de diagnóstico desenvolvido se utilizou de um sistema de base de regras fuzzy (SBRF), elaborado para o gênero masculino, a partir de 288 regras, da forma "Se a idade é *alta* e a pressão sistólica é *baixa* e o tabagismo é *pouco* e a diabetes é *não* e o IMC é *levemente acima do peso*, então o risco é *médio*".

O SBRF permitiu quantificar o grau de risco através das operações entre as ativações das regras, sendo que se determinaram as operações por um módulo de inferência. Referente a isso, destaca-se que as operações foram determinadas pelo módulo de inferência de Mamdani. Ao final, por meio da defuzzificação dos conjuntos de saída do SBRF pelo centro de massa, obteve-se um risco em percentual.

Na elaboração, foram consideradas as variáveis de entrada idade, pressão arterial sistólica, índice de massa corporal, diabetes e hábito de fumar, sendo a variável de saída determinada pelo risco de desenvolver DCV em dez anos. Ambas foram selecionadas com fundamento no *Framingham Heart Study* e também na análise de correlação entre variáveis, elaborada na observação de relatórios médicos.

Salienta-se que um dos preditores de *Framingham* utiliza as mesmas variáveis que as selecionadas no desenvolvimento do SBRF, enquanto que o outro não utiliza diabetes e o terceiro substitui o índice de massa corporal pelos colesteróis total e HDL.

Os dados utilizados na pesquisa advém da disponibilidade de 250 relatórios médicos, redigidos a partir de exames clínicos de pacientes do sexo masculino.

Por meio da amostragem casual simples, acompanhada de estimadores de proporção, foi calculada uma amostra de 54 pacientes, considerada uma confiança de 90% ([4], [8]). As análises estatísticas foram elaboradas a partir dos diagnósticos obtidos para os 54 pacientes aleatórios.

Entretanto, comparativos com a opinião do especialista foram elaborados para um número reduzido de casos (16), em função do tempo disponível para a cooperação e obtenção dos diagnósticos. A maior parte desses casos não foi selecionada aleatoriamente, sendo que a justificativa para tal integra a seguinte seção.

### 3 Análise dos Resultados

Quando se utiliza um SBRF fornecido por um especialista, a validação é obtida com diversos valores de entrada e saída, avaliadas pelo SBRF e pelo especialista. Nesse sentido, formulou-se um SBRF baseado em informações provenientes da pontuação do escore de risco de *Framingham* [5]. Para validar o modelo foi utilizada a experiência de um especialista que não participou da elaboração do SBRF, que possui experiência de 50 anos na área.

Foram avaliados 16 casos (Tabela 1). Os 6 primeiros se referem aos pacientes de maior variação registrada entre 54 pacientes aleatórios que determinaram a confiança de 90% da amostra da pesquisa. Com efeito, esses 6 casos foram selecionados a partir das maiores diferenças encontradas no desenvolvimento da pesquisa, ao comparar os riscos avaliados pelo SBRF e por três preditores de *Framingham* [2]. Os 4 casos seguintes também participaram da amostra dos 54 relatórios, porém foram escolhidos aleatoriamente. Finalmente, os pacientes 11 a 16 se referem a exemplos utilizados na pesquisa [2]. Nesse sentido, os casos 11 a 13 foram criados a fim de avaliar o risco ao longo da idade, de indivíduos com idade inicial de 40 anos, sendo elaborados conforme os panoramas bom, intermediário e lesado - assim denominado pois possuía um risco acima de 20% já nessa idade. Por outro lado, os casos 14 a 16 também se referem a três panoramas, mas com casos reais advindos dos relatórios.

**Tabela 1.** Dados de 16 pacientes avaliados. Na notação, Col. Total e HDL correspondem ao colesterol total e ao colesterol HDL, respectivamente. Ainda, Pressão Sist. corresponde a pressão arterial sistólica, IMC faz referência ao índice de massa corporal, enquanto que 0 e 1 correspondem a Não e Sim, respectivamente. Extraído e adaptado de [2].

Paciente	Idade	Col. Total	HDL	Pressão Sist.	IMC	Diabetes	Tabagismo
1	60	178	46	130	27,89	1	0
2	57	233	31	124	30,87	1	0
3	74	180	77	126	28,38	0	0
4	53	194	39	154	30,94	1	0
5	70	251	61	146	26,68	0	0
6	70	100	46	138	27,55	0	0
7	59	149	50	136	31,34	0	0
8	64	153	54	130	29,01	0	0
9	51	170	43	130	28,96	0	1
10	67	150	37	124	24,84	0	0
11	40	-	-	120	19,52	0	0
12	65	-	-	150	25,49	1	0
13	70	-	-	170	32,41	1	1
14	74	-	-	120	25,25	0	0
15	56	-	-	140	28,98	0	0
16	68	-	-	160	26,02	0	1

Participaram da pesquisa um médico especialista na área bem como 14 médicos residentes. Com a finalidade de simplificar o procedimento, todos atribuíram diagnósticos para os 16 pacientes por meio de uma escala de 1 a 5. Para comparar os resultados, foram convertidos os diagnósticos, de modo que a escala 1 equivale a 6%

de risco da incidência de DCV em 10 anos, e assim sucessivamente, sendo que a escala 5 representa um risco de 30%. A opinião do médico especialista foi exibida, conforme coluna Especialista, na Tabela 2.

Além disso, foi exposta a média dos diagnósticos dos médicos residentes, além da média dos três preditores de *Framingham*. Os três preditores foram considerados pois, em geral, resultaram valores diferentes para o mesmo paciente [2]. Ressalta-se ainda que os preditores foram exibidos apenas compondo a média, pois ao relacioná-los dois a dois, por meio do teste de postos sinalizados de Wilcoxon, não foi verificada equivalência entre a mediana das diferenças [9], reiterando que o teste foi desenvolvido para a amostra de 54 pacientes aleatórios [2]. No entanto, conforme esse teste estatístico, apenas entre uma dupla de métodos houve equivalência na mediana das diferenças, que se refere ao SBRF com a média dos preditores de *Framingham*, o que sugere equivalência no sentido da mediana ser próxima de zero [2].

**Tabela 2.** Diagnósticos dos pacientes conforme médicos e preditores. Extraído e adaptado de [2].

Paciente	SBRF	Especialista	Média dos Médicos	Média dos Preditores de <i>Framingham</i>
1	17,31	18	17,57	21,10
2	14,32	18	22,29	22,27
3	16,1	18	16,29	17,67
4	13,89	12	24,00	21,27
5	13,33	24	23,14	23,37
6	13,6	18	12,00	19,53
7	16,29	6	12,86	11,93
8	11,09	12	14,14	14,07
9	11,87	6	16,71	16,63
10	12,26	12	11,57	16,63
11	3,61	6	6,00	-
12	15,97	18	17,14	-
13	31,12	24	25,71	-
14	16,05	18	12,43	-
15	10,72	12	13,71	-
16	20,4	24	20,14	-

As informações exibidas na Tabela 2 podem ser visualizadas graficamente (Fig. 1).

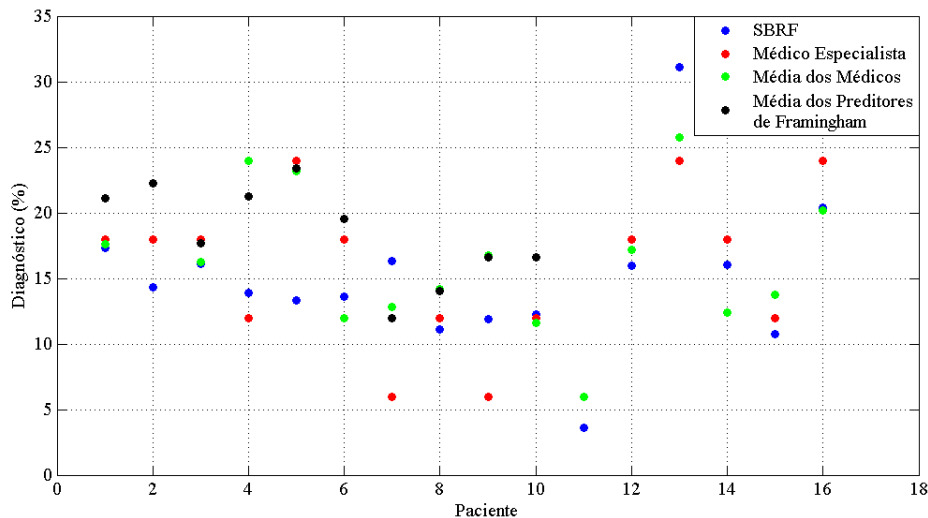


Fig. 1. Diagnósticos de pacientes.

Um fato a ressaltar é que para os seis últimos casos não foram obtidos percentuais de riscos na coluna "Média dos preditores de *Framingham*". Referente a isso, pode-se salientar que não foi possível obter uma avaliação nesses preditores perante os seis pacientes, uma vez que não foram considerados os colesteróis total e HDL na avaliação dos especialistas. A justificativa consiste que os casos foram utilizados na pesquisa para avaliar a evolução de risco do paciente apresentada pelo método do SBRF ao longo da idade.

Por meio dos dados apresentados na Tabela 2, destaca-se a semelhança entre os riscos estimados pelo médico especialista e pelo método subjetivo dado por um SBRF.

Uma diferença significativa entre a classificação do risco pelo método SBRF e pelo médico foi verificada apenas para o paciente 5. Esse paciente faz referência a um *outlier* encontrado na amostra de 54 indivíduos [2]. Evidencia-se que nesse paciente, o método do SBRF o enquadrou como sendo de risco médio enquanto o médico atribuiu um risco alto. Isso poderia ser inadequado, pois ao considerar o diagnóstico do SBRF, o especialista poderia julgar que o paciente tem um panorama aceitável e não modificar o tratamento, sendo que uma alternativa viável nesse caso seria intensificar o tratamento. Todavia, destaca-se que nesse paciente, os dados registrados foram 70 anos de idade, 61 *mg/dL* de colesterol HDL, pressão arterial sistólica de 146 *mmHg*, com IMC adequado de valor 26,68 *kg/m<sup>2</sup>*, porém com colesterol total alto, de valor 251 *mg/dL* (conforme Tabela 1). Além disso, o indivíduo não apresentou hábito de fumar e nem diabetes.

A diferença mencionada pode ser decorrente da alteração do colesterol total, pois o SBRF não o avalia para atribuir o risco final. Contudo, isso não diminui a credibilidade do SBRF, afinal para casos em que o risco apresentado está entre 5% e 15% convém ao médico investigar outros fatores, como histórico familiar,

medicamentos e outras variáveis significativas, para concluir sobre o panorama e possíveis tratamentos necessários [7].

Ademais, ressalta-se que foram calculados os erros relativos para as formas de diagnóstico exibidas na Fig. 1, de modo a relacionar cada uma com o SBRF. Com efeito, para os vetores formados pelos diagnósticos do médico especialista e do SBRF, obteve-se um erro relativo de 0,293. No entanto, ao considerar o diagnóstico do médico especialista com os médicos residentes, o erro relativo foi superior, de 0,311. Ao utilizar a média dos preditores de *Framingham* e o SBRF, obteve-se 0,31. Por fim, o erro relativo ao relacionar a média dos médicos residentes e o SBRF foi de 0,276.

#### 4 Considerações Finais

Por meio dessa pesquisa, verificou-se a possibilidade de representar diferentes anomalias e patologias do organismo através de conjuntos fuzzy, os quais são variáveis fundamentais ao analisar a propensão do indivíduo às doenças cardiovasculares, devido à subjetividade intrínseca dos diagnósticos.

A partir da análise, observou-se que o método SBRF foi coerente para 15 dos 16 pacientes da Tabela 1, com o diagnóstico do médico especialista. Ademais, sabe-se que em teoria o risco médio estimula o especialista a observar outras variáveis de risco, que se investigadas, podem refletir um risco superior.

Por meio dos resultados, notou-se que os lipídios (colesterol total e HDL), que foram avaliados em dois de três dos preditores de *Framingham*, não foram necessários para estimar os riscos na maioria dos pacientes (15/16). Esse fato é interessante, afinal pode implicar que não é necessário medicamento para tratar colesterol alterado em determinados casos, pois pode não existir uma influência significativa do colesterol alterado para com o risco de DCV no paciente avaliado.

Referente a isso, salienta-se que a base de regras elaborada por especialistas produziu um diagnóstico que foi avaliado como sendo mais adequado que de médicos inexperientes na área, no sentido de estar mais próximo do diagnóstico atribuído pelo médico especialista, já que obteve-se um erro relativo menor.

Na descrição dos métodos, observa-se que os resultados das três ferramentas do estudo de *Framingham* rejeitaram a hipótese  $H_0$  do teste, o que reflete que há pacientes que têm grande divergência de diagnósticos. Ao comparar a média resultante com o resultado do SBRF e validar a hipótese  $H_0$ , conclui-se que o método desenvolvido é capaz de contribuir com os diagnósticos ao considerar as subjetividades.

A fim de justificar a diferença entre os preditores desenvolvidos pelo estudo de *Framingham*, é que apesar de utilizado no Brasil, esse estudo pesquisou também indivíduos de outras nacionalidades. Dessa forma, observa-se uma vantagem encontrada no SBRF, pois está de acordo com a média das ferramentas de *Framingham*, e tem validação apenas em brasileiros.

Por meio dos resultados, observa-se uma forma diferenciada de interpretar os dados apresentados pelo paciente. Assim, é possível auxiliar os profissionais da saúde

ao avaliar um diagnóstico de risco, o que pode desencadear um quadro de tratamento mais complexo.

Por fim, nota-se que a elaboração de um método que propicia prever e prevenir a incidência de doenças cardiovasculares é válida, afinal ao inferir diagnósticos previamente, semelhantes a um método especialista, pode-se adequar um tratamento com maior tendência a evitá-las.

## Referências

1. Barros, L. C., Bassanezi, R. C. Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática. Campinas, SP: Unicamp (2010)
2. Bassani, L. T. Sistema de base de regras fuzzy como método alternativo para avaliar o risco de doenças cardiovasculares. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Campinas, SP (2016)
3. Brasil. Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no país (2014), <http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>
4. Dávila, V. H. L. Aula: Inferência estatística (200-), <http://www.ime.unicamp.br/~hlachos/Inferencia.pdf>
5. Framingham Heart Study. Hard Coronary Heart Disease (10-year risk) (2001), <https://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/coronary-heart-disease/hard-10-year-risk.php>
6. Framingham Heart Study. Cardiovascular Disease (10-year risk) (2008), <http://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/cardiovascular-disease/10-year-risk.php>
7. Libby, P., Bonow, R. O., Mann, D. L., Zipes, D. P. Braunwald Tratado de doenças cardiovasculares. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier (2010)
8. Morettin, L. G. Estatística Básica: Probabilidade e inferência. São Paulo: Pearson Prentice Hall (2010)
9. Pagano, M., Gauvreau, K. Princípios de bioestatística. São Paulo: Thomson Learning, (2006)
10. World Health Organization. The top 10 causes of death (2014), <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index2.html>