

# Sistema Fuzzy Como Instrumento de Auxílio no Pré-Diagnóstico da Meningite

Janaide Nogueira de Sousa Ximenes<sup>1</sup>, Ronieri Nogueira de Sousa<sup>1</sup>,  
Rhyan Ximenes de Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade IEducare (FIED) – Rua Conselheiro João Lourenço,  
406 - CEP 62320-000 – Tianguá – CE – Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)  
CE-187, s/n - Estádio, – CEP 62320-000 – Tianguá – CE – Brasil

{nogueirajanaide,nsronieri,rxbrito}@gmail.com

**Abstract.** *Cloudy systems are useful for manipulating subjective information, like no scenario exposed to research. This study has to be the main method has to be used in the diagnosis of diagnostic diseases and associated diseases. Currently, meningitis is one of the most prevalent diseases in the population due to a high mortality rate and sequelae.*

**Resumo.** *Os Sistemas Nebulosos são adequados para a manipulação de informações subjetivas, como no cenário exposto nesta pesquisa. Esta pesquisa tem como principal objetivo definir um sistema Fuzzy para auxiliar no diagnóstico da meningite, tendo como medida de avaliação os sintomas característicos da doença abordada. Atualmente, a meningite é uma das doenças mais temidas pela população por ter um alto índice de mortalidade e sequelas.*

## 1. Introdução

Meningite é uma doença infecciosa grave que acomete as leptomeninges e o espaço subaracnóideo e que pode ser causada por vários microorganismos, como vírus, bactérias, fungos e parasitas. As taxas de mortalidade variam amplamente, desde 2% em crianças até 20 a 30% em neonatos e adultos. Grande número dos casos não fatais são associados a sequelas neurológicas [Martinello et al. 2005].

O conhecimento da epidemiologia das meningites virais é impreciso devido à subnotificação, mas estima-se que incidam 11 casos a cada 100.000 habitantes nos Estados Unidos (EUA) [Rogerio et al. 2011]. Nesse contexto o trabalho tem como objetivo principal definir um sistema Fuzzy que auxilie profissionais da saúde no diagnóstico da meningite.

A motivação deste trabalho está relacionada a necessidade de sistemas que utilizem a lógica não tradicional, como a lógica de Fuzzy, para auxiliar no diagnóstico de doenças, visto que não é uma atividade trivial. Um dos diferenciais na aplicação da Lógica Nebulosa é a possibilidade de diversas variáveis e gerar uma saída com valores linguísticos, aproximando o resultado do Sistema Fuzzy ao resultado dado por um especialista na área. Vale salientar que este sistema de auxílio, foi direcionado para auxiliar no diagnóstico de meningite em adultos.

Este trabalho está dividido em 6 seções: a seção 2 apresenta os trabalhos relacionados, a seção 3 descreve sucintamente as características dos diferentes tipos de meningite, a seção 4 apresenta um referencial teórico sobre a lógica Fuzzy; na seção 5 é descrita a metodologia utilizada no trabalho. Em seguida na seção 6, são apresentados alguns resultados gerados pelo sistema Fuzzy assim como as conclusões e os trabalhos futuros.

## **2. Meningite**

A meningite é uma doença cuja base fisiopatológica consiste na inflamação das meninges. Um dos fatores que podem levar a essa reação inflamatória pode ser a existência de um processo infeccioso, causado por vírus, bactérias ou fungos [Rogerio et al. 2011].

A meningite possui origem infecciosa podendo ser causada por diversos agentes etiológicos, como as bactérias, os vírus, os fungos e os parasitas. A meningite evolui rapidamente para choque, falência de múltiplos órgãos e óbito em 24 horas se não houver tratamento urgente. Sintomas não específicos como a febre, sonolência, náusea e vômitos, irritabilidade e falta de apetite, estão presentes de 4 a 6 horas após o início da doença [Branco et al. 2007].

### **2.1. Meningite Viral**

A meningite viral caracteriza-se por um quadro clínico de alteração neurológica, que, em geral, evolui de forma benigna. Por ser viral, o aglomerado de casos é bastante comum, entretanto os casos podem ocorrer isoladamente. Indivíduos de todas as idades são suscetíveis, porém a faixa etária de maior risco é a de menores de 5 anos. No Brasil, em média, são notificados 11.500 casos/ano de meningite de provável etiologia viral [Vírus et al. 2006].

Aproximadamente 85% dos casos são devido ao grupo dos Enterovírus, dentre os quais se destacam os Poliovírus, os Echovírus e os Coxsackievírus dos grupos A e B. O manejo deve ser adequado para cada etiologia [Peres et al. 2006].

### **2.2. Meningite Bacteriana**

A meningite bacteriana (MB) é responsável por uma taxa alta de morbidade e mortalidade em crianças, desapontando os recentes avanços nos métodos para os diagnósticos, nos métodos profilático, nos tratamentos antimicrobiano e de suporte e na monitorização.

Na época pré-antibiótica, a mortalidade era aproximadamente de 100%, e eram raros os casos que haviam sobreviventes e quando haviam evoluíam com graves sequelas neurológicas. Atualmente, cerca de 5% a 40% das crianças ainda morrem em decorrência de MB, na dependência, entre outros fatores, da idade do paciente e do patógeno envolvido[Mantese et al. 2002].

As sequelas neurológicas ocorrem com taxa de 5% a 30% dos sobreviventes, e se deve, principalmente, ao retardo no estabelecimento do diagnóstico e no início do tratamento antimicrobiano eficaz[Mantese et al. 2002].

### **2.3. Meningite Fúngica**

A meningite pode ser causada principalmente pelos fungos: *cryptococcus neoformans*, *cryptococcus gatti*, *candida albicans*, *candida tropicalis*, *histoplasma capsulatum*, *paracoccidioides brasiliensis* e *aspergillus fumigatus* [Leal 2006].

Os principais sintomas de meningite fúngica são similares com os causados por outros tipos de agentes etiológicos, como: febre, dor de cabeça, vômitos, fotofobia (sensibilidade à luz), rigidez no pescoço, náusea e status mental alterado (confusão)[Peres et al. 2006].

#### 2.4. Meningite por Parasitas

Esta meningite é causada por outras infecções, as pessoas que desenvolvendo este tipo de meningite podem apresentar rigidez no pescoço, náuseas, vômitos, dores de cabeça, fotofobia e/ou confusão mental[Peres et al. 2006].

Os parasitas que transmitem esta doença não transmitem de uma pessoa para outra, normalmente infectam animais. As pessoas são infectadas pela ingestão de produtos ou alimentos contaminados que tenha a fase infecciosa do parasita[Vírus et al. 2006].

### 3. Lógica Fuzzy

A lógica Fuzzy é a lógica baseada na teoria dos conjuntos Fuzzy. Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas [Sandri and Correa 1999].

Segundo Júnior e Novakowski (2005), os conjuntos Fuzzy foram desenvolvidos para determinar o quanto um elemento pertence ou não a um determinado conjunto, com o uso de graus de pertinência, que são valores no intervalo [0;1]. Assim é possível determinar os elementos que pertencem a um grupo e seu respectivo grau de pertinência.

A probabilidade, no contexto da lógica clássica, é um valor numérico ou um intervalo. Na lógica nebulosa existe a opção adicional de se empregar probabilidades linguísticas, interpretados como números Fuzzy e manipuladas pela aritmética Fuzzy [Kaufmann and Gupta 2003]. Os fatos citados serviram como base na criação da lógica Fuzzy, baseando-se na lógica clássica, com acréscimo de novos operadores. Nos conjuntos nebulosos as leis do terceiro excluído e da contradição não são complacentes.

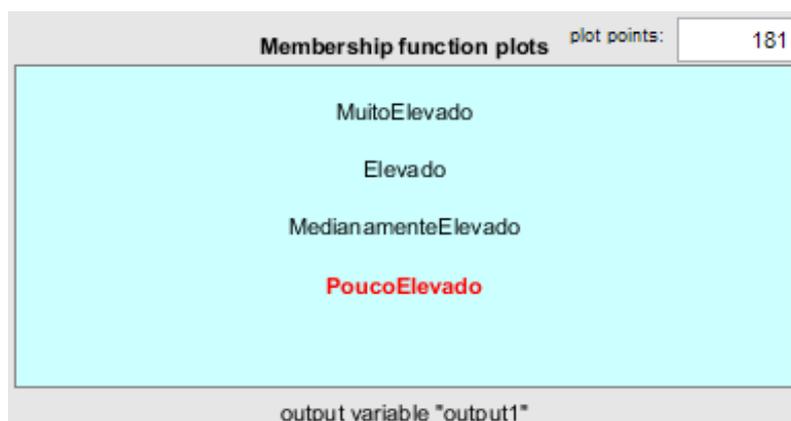


Figura 1. Demonstração de valor resultante na lógica Fuzzy.

Na Figura 1 é apresentada as variáveis linguísticas de um Sistema Fuzzy. Na lógica Fuzzy, o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto Fuzzy de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, onde o

valor verdade só pode assumir dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0). Nos sistemas lógicos multi-valores, o valor verdade de uma proposição pode ser ou um elemento de um conjunto finito, num intervalo, ou uma álgebra booleana [Gomide and Gudwin 1994].

Na lógica difusa, os valores verdadeiros são expressos linguisticamente, como por exemplo, verdade, muito verdade, não verdade, falso e muito falso. Onde cada termo linguístico é interpretado como um subconjunto Fuzzy do intervalo unitário [Gomide and Gudwin 1994].

#### 4. Trabalhos Relacionados

Miranda, Marques e Felipe (2009), sugerem um método para análise e classificação de nódulos da mama utilizando a lógica de Fuzzy para auxiliar no processo de inferência da categoria BI-RADS relativa à avaliação. O sistema fornece uma definição dos atributos descritores, para um resultado mais aproximado entre o sistemas computacional e o resultado do radiologista.

Sacchetta *et. all* (2002), propõem uma generalização de um modelo epidemiológico, considerando a heterogeneidade da população. Na abordagem são utilizados os sinais (resultados de exames diagnósticos, conjunto de sintomas, sinais clínicos, etc.), são incluídos na dinâmica da epidemia. Assim, na abordagem, cada indivíduo apresenta indicadores clínicos, usados para classificá-lo como infectado ou não, por um processo de decisão Fuzzy.

Kawamura(2007), apresentam uma abordagem onde é proposto a utilização de um sistema Fuzzy, são utilizados os conceitos da lógica. Foram analisadas as vantagens e desvantagens dos métodos Sugeno e Mamdani. Assim, a partir das características do câncer do esôfago e dos conceitos de sistemas Fuzzy foi desenvolvido um sistema Fuzzy para auxiliar nos diagnósticos.

Diante de todas as abordagens apresentadas utilizando a lógica Fuzzy, foi verificada a importância de aplicar a lógica Fuzzy para auxiliar no pré-diagnóstico da meningite, doença que leva muitas pessoas a óbito.

#### 5. Metodologia

Para a criação do Sistema Fuzzy, fez-se necessário a utilização do *Fuzzy Logic Toolbox* do MATLAB®, versão 2.0, o controlador utilizado foi o Sugeno. Foram geradas 1.287 regras, onde cada uma representa uma possível situação.

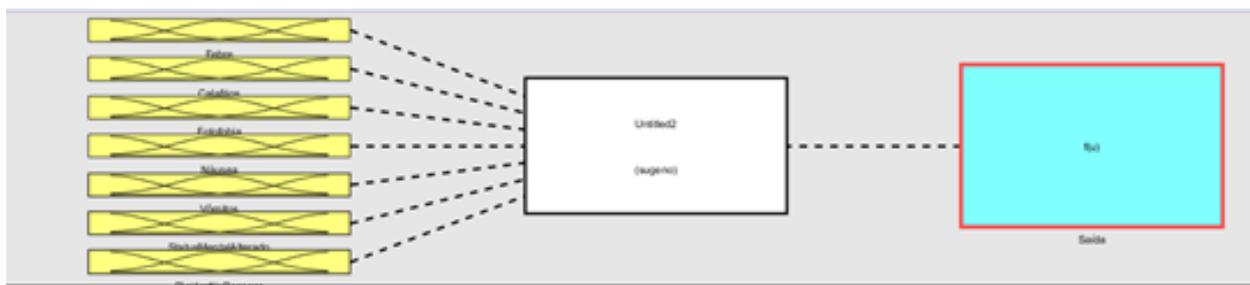


Figura 2. Estrutura do Sistema Fuzzy.

Na Figura 2 é possível perceber a estrutura do sistema Fuzzy, onde há as variáveis de entrada, as regras de fuzzyficação e as variáveis de saída. As variáveis de entrada foram definidas de acordo com a análise realizada na literatura existente em: [Martinello et al. 2005], [Peres et al. 2006], [Vírus et al. 2006], [Alves 2018] e [Sales et al. 2018].

Durante a análise foram selecionados os sintomas mais frequentes que são: febre, calafrios, fotofobia, náusea, vômitos, status mental alterado e rigidez no pescoço. Estes sintomas foram considerados como variáveis de entrada do sistema Fuzzy, o método de inferência utilizado foi o Método de Sugeno. Os valores linguísticos utilizados nas variáveis de entrada foram: alta, moderada, baixa e baixíssima.

A base de regras gerada são do tipo: if febre = alta e calafrios = alta e fotofobia = alta e náusea = alta e vômito = moderado e confusão mental = alta e rigidez no pescoço = moderada então Saída = Muito elevado.

Para a geração das saídas, além do estudo das bibliografias foram realizadas orientações por meio de profissionais da área e que já realizaram o diagnóstico da doença. Estas orientações foram de grande importância para o aperfeiçoamento do Sistema Fuzzy. As saídas consideradas foram as variáveis linguísticas: muito elevado, elevado, medianamente elevado, pouco elevado e etc.

## 6. Resultados

Foram realizados os testes com 20 pacientes fictícios e dentre estes, foram escolhidos dois casos aleatoriamente para demonstrar os resultados obtidos pelo sistema. Vale salientar que, estes dados foram submetidos a avaliação de um profissional da área da saúde, que testou o software inserindo valores de entrada e avaliando as saídas geradas.

Um dos Pacientes escolhidos foi o Paciente Z, o mesmo possui febre alta, calafrios moderadamente, alta fotofobia, muita náusea, vômito moderadamente, moderadamente confuso e muita rigidez no pescoço, nesta situação o Sistema Fuzzy concluiu que o Paciente Z muito provavelmente contraiu a meningite.

O segundo paciente escolhido foi o Paciente B, onde o mesmo não possui febre, nem calafrios e fotofobia, porém sente muita náusea e vômitos, além de estar confuso, mas sem rigidez no pescoço, em resposta a situação o sistema gerou que o paciente possui pouco risco de ter contraído meningite.

Esse estudo foi desenvolvido com o intuito de auxiliar no processo de diagnóstico da meningite, embora as simulações tenham sido realizadas com pacientes fictícios, o sistema pode ser validado com dados reais e adaptado para produzir resultados confiáveis que poderão ser utilizados por profissionais da saúde.

Como visto, o sistema poderá ser usado para auxílio na detecção precoce da meningite, pois quando a doença é descoberta no início as chances de cura e a redução dos índices de sequelas é relevante. Para trabalhos futuros sugere-se o teste com pacientes reais para possíveis ajustes, além do desenvolvimento de outro sistema Fuzzy, utilizando o método Mamdani, para que possa ser comparado os resultados dos testes, podendo ser incluídas outras problemáticas, como por exemplo, doenças cardíacas, respiratórias, alérgicas entre outras.

## Referências

- Alves, M. M. (2018). Meningites bacterianas. *Revista Enfermagem e Saúde Coletiva-REVESC*, 1(1).
- Branco, R. G., Amoretti, C. F., and Tasker, R. C. (2007). Doença meningocócica e meningite. *Jornal de Pediatria*, 83(2):S46–S53.
- Gomide, F. A. C. and Gudwin, R. R. (1994). Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. *SBA controle & Automação*, 4(3):97–115.
- JÚNIOR, I. and NOVAKOWSKI, S. (2005). Lógica fuzzy sistemas de apoio a decisão. *Rio Grande do Sul, UNISINOS, Abr.*
- Kaufmann, A. and Gupta, M. (2003). Introduction to fuzzy arithmetic: theory and applications. 1985. *Von nostrand Reinhold Company, New York.*
- Kawamura, J. et al. (2007). Aplicação de um sistema fuzzy para diagnostico de cancer do esofago.
- Leal, A. L. (2006). Diferenciação das espécies *cryptococcus neoformans* e *cryptococcus gattii* utilizando a metodologia de pcr multiplex e determinação do perfil epidemiológico de pacientes com meningite criptocócica.
- Mantese, O. C., Hirano, J., Santos, I. C., Silva, V. M., and Castro, E. d. (2002). Perfil etiológico das meningites bacterianas em crianças. *J Pediatr (Rio J)*, 78(6):467–74.
- Martinello, C., Lazaretti, A. S., Reginatto, F. P., and do Canto Pereira, S. (2005). Meningite aguda em crianças no hospital são vicente de paulo. *Revista Médica*, page 12.
- Miranda, G. H. B., Marques, P. M. d. A., and Felipe, J. C. (2009). Aplicação de conceitos da lógica nebulosa à classificação bi-rads de nódulos de mama. *Journal of Health Informatics*, 1(1).
- Peres, L. V. C., Carvalhanas, T. R. M., Barbosa, H. A., Gonçalves, M. I. C., Timenetsky, M. d. C. S., and Campéas, A. E. (2006). Meningite viral. *Bepa-Boletim Epidemiológico Paulista*, pages 9–12.
- Rogério, L. P. W., Camargo, R. P. M., Menegali, T. T., and Silva, R. (2011). Perfil epidemiológico das meningites no sul de santa catarina entre 1994 e 2009. *Deletar Ver Rev Bras Clin Med*, 9(3):200–3.
- Sacchetta, T. E., Ortega, N., Branco, F. I. R., Menezes, R. X., and Massad, E. (2002). *Modelo Reed-Frost fuzzy para estudo de dispersão de epidemias*. PhD thesis, Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Medicina. São Paulo.
- Sales, N. M. M. D. et al. (2018). *Impacto da vacinação contra a meningite meningocócica C na Região metropolitana de Salvador no período pós-vacinal*. PhD thesis, Instituto Gonçalo Moniz.
- Sandri, S. and Correa, C. (1999). Lógica nebulosa. *Instituto Tecnológico da Aeronáutica-ITA, V Escola de Redes Neurais*, pp. C073-c090, São José dos Campos.
- Vírus, R., Vírus, D., Adenovírus, E., and da Coriomeningite, V. (2006). Meningites virais. *Rev Saúde Pública*, 40(1):65–70.