

# Modelo de Previsão Fuzzy Como Mecanismo de Pré-diagnóstico da Esquizofrenia em Adultos

Maria Dayane Almeida Araujo  
IFCE - Campus Tianguá-CE  
CE-187, s/n - Estádio,  
Tianguá - CE  
+55 Brasil  
dayanealmeida1996@gmail.com

Rhyan Ximenes de Brito  
Instituto Federal do Ceará  
CE-187, s/n - Estádio,  
Tianguá - CE  
+55 Brasil  
rxbrito@gmail.com

## ABSTRACT

Schizophrenia is a complex and difficult to diagnose chronic psychiatric disorder, affecting the way people think, feel or behave, leading individuals to have symptoms such as mental disorder, predominantly in males, causing behavioral changes such as affective indifference, confused thoughts and difficulties in relating to people. Symptoms may include delusions, poor thinking and concentration, hallucinations and lack of motivation. This paper presents a system based on fuzzy logic for a pre-diagnosis, aiming to assist psychiatrists in the diagnosis of the disease, contributing to the referral of the patient to the most appropriate treatment. The methodology was based on bibliographic research and simulations with fictitious patients, where symptoms such as delusions, hallucinations, disorganized speech, grossly disorganized or catatonic behavior and negative symptoms were used as input variables. All symptoms were classified into phases as mild, moderate and severe. In addition to 243 inference rules for pre-diagnosis. The results through simulations with patientX, patientY and patientZ were promising as the results were very close to those observed by health professionals. With this study it became evident the importance of using fuzzy logic as an auxiliary instrument in the pre-diagnosis of psychiatric disorders such as schizophrenia.

## Keywords

Fuzzy; Schizophrenia; Prediction

## 1. INTRODUÇÃO

A esquizofrenia é um transtorno mental complexo e de difícil diagnóstico que pode causar sofrimento e prejuízo significativos aos pacientes com esta psicopatologia. [18].

Segundo [15] além da reação adversa ao medicamento (RAM), que ocasiona o psiquiatra a fazer a mudança da dosagem ou a troca do antipsicótico do paciente. A esquizofrenia apresenta fatores que podem contribuir para o au-

mento dos riscos de mortalidade. Por exemplo, o antipsicótico pode acarretar o risco de síndrome metabólica como: excesso de gordura abdominal, resistência à insulina, dislipidemia e hipertensão.

A lógica *fuzzy*, a qual foi desenvolvida em 1965 por Lotfi Zadeh (professor da Universidade da Califórnia, EUA), é uma forma lógica de raciocínio derivada da teoria dos conjuntos difusos para lidar com raciocínio aproximado [12].

A utilização dos modelos de lógica clássica, mostraram-se incapazes de solucionar vários problemas e o uso da lógica *fuzzy* como extensão da lógica clássica tem possibilitado enormes avanços no tratamento de dados complexos tal como, a percepção de emoções: felicidade, tristeza, depressão e dentre outras [9].

Segundo [10], a Inteligência Artificial na medicina analisa um grande volume de dados utilizando algoritmos definidos por especialistas da área, com a capacidade de propor soluções para problemas médicos.

Em virtude da importância da aplicação da lógica *fuzzy* na solução de inúmeros problemas relacionados a saúde, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver uma aplicação *fuzzy* para auxiliar profissionais na área da saúde no pré-diagnóstico da esquizofrenia.

Dessa forma, o paciente poderá ser encaminhado para o tratamento mais adequado indicado por um especialista da área de saúde como um psiquiatra, antes que a doença cause problemas mais graves.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados, Seção 3 apresenta a fundamentação teórica. Em seguida na Seção 4 a abordagem proposta. Na Seção 5 os resultados e discussões e finalmente, conclusões e trabalhos futuros na Seção 6.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica sobre a utilização da lógica *fuzzy* como instrumento auxiliar na busca por respostas a problemas relacionados a saúde.

[11] abordaram um sistema *fuzzy* para os sintomas da esquizofrenia, para isso foi aplicada uma abordagem difusa baseada em modelos de fatores esquizofrênicos em uma amostra de pacientes que foram pontuados no teste positivo e escala de síndrome negativa (*Positive and Negative Syndrome Scale* - PANSS).

Já [6] abordaram um sistema *fuzzy* para auxiliar na análise dos riscos de uma mulher desenvolver ou já ser portadora do câncer de mama. O trabalho realizado concentrou os estudos

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

em 3 variáveis: idade, sintomas e os fatores de risco.

Em oncologia, a detecção de cânceros, incluindo pulmão, de mama e câncer de próstata, pode ser auxiliada com lógica *fuzzy*. Assim [16] investigaram as condições mais próximas utilizando o classificador KNN (*K-Nearest Neighbors*) como um método lógico difuso que fornecesse um grau de certeza para decisão prognóstica e avaliação de marcadores em diagnósticos.

[13] realizou uma pesquisa que tinha como objetivo desenvolver um sistema especialista possível de diagnosticar o tipo de depressão que uma pessoa fosse acometida, para isso, projetou utilizando a lógica nebulosa listando os tipos de depressão, assim como a transformação dos sintomas em variáveis linguísticas e com a criação de regras de inferências para geração dos resultados no processo de defuzzificação.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Lógica Fuzzy

A teoria dos conjuntos *fuzzy* foi concebida com o objetivo de fornecer uma ferramenta matemática para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago. A lógica *fuzzy*, baseada nessa teoria, foi inicialmente construída a partir dos conceitos já estabelecidos de lógica clássica, assim operadores foram definidos à semelhança dos tradicionalmente utilizados e outros foram introduzidos ao longo do tempo [17].

A lógica *fuzzy* resolve ideias vagas e indecisas, é uma extensão da lógica booleana e baseia-se em graus de verdade em vez de valores absolutos de 0 e 1, ou seja, verdadeiro ou falso. Ela é semelhante ao pensamento humano e a interpretação dá sentido as expressões leve, moderado e grave. Sendo utilizada para conversão de valores numéricos em expressões linguísticas e assim avaliando melhor as possibilidades de solução.

Diferencia-se dos sistemas lógicos tradicionais por basearem-se em uma extensão da lógica de valores, com objetivos e usos diferentes. Nessa lógica, a verdade é representada por graus, ou seja, uma proposição pode ser verdadeira, falsa ou ter um intermediário, que pode ser um elemento de um valor de verdade finito ou infinito [14].

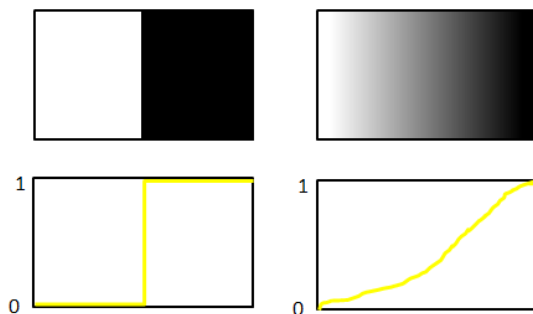


Figure 1: Lógica Booleana e Lógica Fuzzy

A Figura 1 denota um comparativo entre a lógica booleana e a lógica *fuzzy*, a primeira admite apenas valores booleanos, ou seja, 0 ou 1. A segunda trata de valores que variam entre 0 e 1. Por exemplo, nesta figura ilustrativa enquanto a primeira aceita somente a cor branca ou preta, a segunda aceita tanto a cor branca quanto a cor preta como também as variações de cores que existe entre essas duas cores, que são os vários tons de cinza.

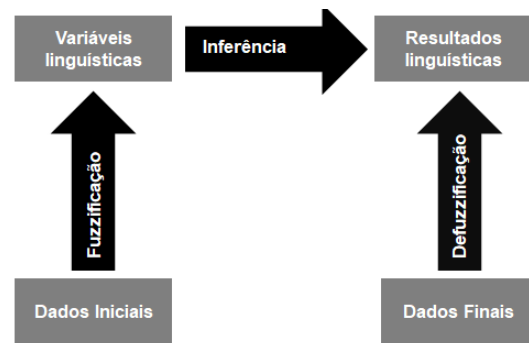


Figure 2: Sistema Lógico Fuzzy

A Figura 2 mostra o sistema lógico *fuzzy* e as três etapas na qual ele consiste: fuzzificação, inferência e defuzzificação.

##### 3.1.1 Fuzzificação

Segundo [1] consiste na primeira etapa do sistema lógico *fuzzy*, os dados são transformados em variáveis linguísticas e o problema é analisado. São determinadas também as funções de pertinência.

Conforme [17] variável linguística é uma variável em que os valores são nomes de conjuntos *fuzzy*. Por exemplo, a temperatura de um determinado processo pode ser uma variável linguística e assumir valores baixa, média, e alta. Estes valores são retratados por intermédio de conjuntos *fuzzy*, representados por funções de pertinência mostrado na Figura 3.

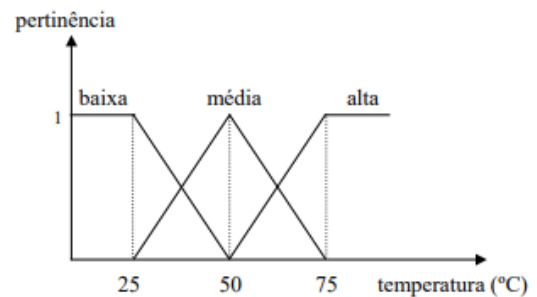


Figure 3: Variável Linguística Temperatura

##### 3.1.2 Inferência

De acordo [1] são criadas as regras através da associação das variáveis já elaboradas, sendo considerado que na etapa anterior os dados de entrada já foram transformados em variáveis linguísticas.

##### 3.1.3 Defuzzificação

No estágio de defuzzificação é efetuada uma interpretação da informação, uma vez obtido o conjunto *fuzzy* de saída através do processo de inferência [17]. As regiões resultantes são convertidas em valores para a variável de saída do sistema. Para o sistema proposto neste artigo a variável de saída resultante foi o risco do paciente possuir esquizofrenia que foi categorizados em leve, moderado e grave.

### 3.2 Esquizofrenia

A esquizofrenia é uma doença mental crônica caracterizada por distorções do pensamento e da percepção associadas na maior parte do tempo a um afeto embotado ou inadequado. Atualmente, são investigados, além dos *déficits* cognitivos e sintomas negativos, aspectos preditores de funcionalidade na esquizofrenia [2].

É um transtorno causado por diversos fatores biopsicossociais que interagem entre si, criando situações, favoráveis ou não ao aparecimento dos sintomas. Indivíduos com predisposição podem desenvolver a doença quando estimulados por fatores biológicos, ambientais ou emocionais [8].

Os fatores biológicos seriam aqueles ligados à genética e/ou aqueles que são devidos a uma lesão ou anormalidade de estruturas cerebrais e deficiência em neurotransmissores e os fatores psicossociais são aqueles ligados ao indivíduo, do ponto de vista psicológico e de sua interação com o seu ambiente social, tais como: ansiedade muito intensa, estado de estresse elevado, fobia social e situações sociais e emocionais intensas [8].

Por muitos anos, a esquizofrenia foi considerada uma doença crônica ao longo da vida e com pouca ou nenhuma esperança de recuperação. O refinamento do conhecimento sobre o curso clínico da esquizofrenia, melhorias nas técnicas psicoterapêuticas e introdução de medicamentos antipsicóticos começaram a alterar essa visão, considerando os possíveis parâmetros para definir a recuperação que aparece na literatura desde 1983 [3].

### 3.2.1 Sintomas da Esquizofrenia Segundo o Critério A do DSM-5

A esquizofrenia é um transtorno mental com curso crônico em 80% dos casos, apresentando prejuízo funcional em aproximadamente 60% dos casos. Caracteriza-se por um grupo heterogêneo de sintomas [7]. Logo abaixo são abordados cinco sintomas seguindo o critério A de diagnóstico do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) [5].

1. **Delírios:** ideias ou pensamentos que não condizem com a realidade, por exemplo, delírios persecutório, crença de que o indivíduo irá ser prejudicado por outra pessoa [4];
2. **Alucinações:** percepções reais de objetos que não existem, ou seja, são experiências semelhantes a percepção que ocorrem sem um estímulo externo, como alucinações auditivas [4];
3. **Discurso Desorganizado:** é deduzido a partir do discurso do indivíduo mudando de um tópico a outro, ou seja, perda da ligação normal e lógica entre os assuntos da conversa. O discurso pode estar tão gravemente desorganizado que é quase incompreensível [4];
4. **Comportamento Grosseiramente Desorganizado ou Catatônico:** pode se manifestar de várias formas inclusive agitação imprevisível, como por exemplo: dificuldades na realização das atividades cotidianas [4];
5. **Sintomas Negativos:** caracteriza-se por expressão emocional diminuída incluindo reduções nas expressões de emoções no rosto, no contato visual e outras [4].

Com relação ao DSM-5 ele possui outros critérios, como por exemplo o critério E que atribui as perturbações aos efei-

tos fisiológicos de drogas ou até mesmo por medicamentos [5].

Por se tratar de um fator de risco, foi decidido utilizar nesse trabalho apenas o critério A por estar ligado diretamente com os sintomas que o paciente venha a ter e indicar uma possível probabilidade do mesmo ser esquizofrênico [5].

## 4. ABORDAGEM PROPOSTA

Com o auxílio da plataforma *MatLab*, modelou-se um sistema com a utilização da lógica *fuzzy* para a realização de simulações de diagnósticos, onde foi utilizado como dados de entrada: delírios, alucinações, discurso desorganizado, comportamento grosseiramente desorganizado ou catatônico e sintomas negativos. Todos esses sintomas apresentam as seguintes fases: leve, moderada e grave. Os sintomas estudados estão classificados em uma escala entre 0 e 1, onde 0 é a menor atribuição e 1 é a maior atribuição.

A Figura 4 consiste na primeira etapa do sistema lógico *fuzzy*, apresentando as variáveis de entrada. Neste caso, a aplicação realizada nesse trabalho possui cinco variáveis de entrada e uma de saída, sendo que as variáveis de entrada correspondem aos sintomas necessários para identificação da doença esquizofrenia de acordo com o critério A de diagnóstico do (DSM-5) Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais.

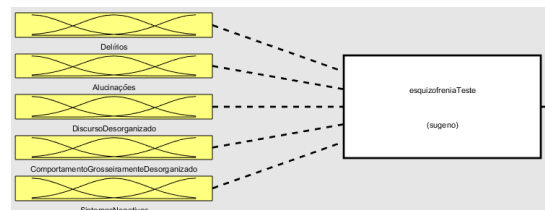


Figure 4: Variáveis de Entrada

Ainda na primeira etapa depois que as variáveis linguísticas foram criadas definiu-se as funções de pertinência. A Figura 5 mostra as funções de pertinência do tipo triangular de intervalos com três fases, de 0 a 0.45 fase leve, de 0.4 a 0.75 fase moderada e de 0.7 a 1 fase grave. Para cada sintoma foi padronizado os mesmos valores e intervalos.

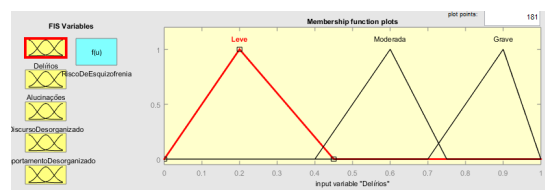


Figure 5: Funções de Pertinência

A Figura 6 demonstra a segunda etapa do sistema lógico *fuzzy*, que são as regras de inferência. No trabalho abordado foram elaboradas 243 regras para a obtenção de todos os possíveis resultados de combinações entre as entradas e as saídas esperadas.

A Figura 7 demonstra a variável de saída do sistema que é o risco do paciente ter esquizofrenia, findando a terceira etapa do sistema lógico *fuzzy*.

1. F (Delírios e Alucinações e Ideótipos e Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 2. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 3. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 4. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 5. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 6. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 7. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 8. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 9. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 10. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 11. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 12. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 13. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 14. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 15. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 16. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)  
 17. F (Delírios e Alucinações e Level and Discursos Desorganizados e Level and Comprometimento Desorganizado e Level and Sintomas Negativos e Level) Para (Risco) de Esquizofrenia e Resultado (1)

Figure 6: Regras de Inferência no Sistema Fuzzy

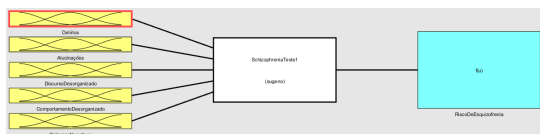


Figure 7: Variável de Saída do Sistema Fuzzy

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos com a simulação realizada com um paciente fictício X de 35 anos, onde foi verificado que os sintomas estudados apresentaram os seguintes resultados: delírios 0.53, sendo considerado moderado com aproximação da fase leve; alucinações 0.38, onde se encontra na fase leve, bem próximo à moderada; discurso desorganizado com 0.15 na fase leve do sintoma; comportamento grosseiramente desorganizado com 0.45 apresentando-se na fase leve do sintoma, mas no limiar com a fase moderada; sintomas negativos 0.12 considerada uma fase leve.

Table 1: Simulação com Paciente X

Sintomas	Gravidade
Delírios	0.53
Alucinações	0.38
Discurso desorganizado	0.15
Comportamento desorganizado	0.45
Sintomas negativos	0.12
Diagnóstico	0.25

De acordo com a Figura 8, o diagnóstico obtido foi 0.25, sendo considerado que o paciente encontra-se com baixo risco de ter a doença.

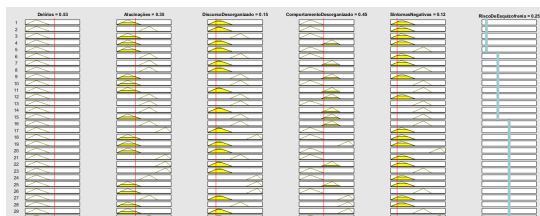


Figure 8: Resultados da Simulação com Paciente X

Para o paciente fictício Y de 28 anos foram simulados os seguintes valores, constantes na Tabela 2: delírios 0.84, sendo considerada presença grave do sintoma; alucinações 0.69, na fase moderada com aproximação para a fase grave; discurso desorganizado 0.45 encontrando-se da fase leve no limiar para a fase moderada do sintoma; comportamento grosseiramente desorganizado 0.15 na fase leve; sintomas negativos 0.18 na fase leve.

O diagnóstico para o paciente fictício Y é de 0.75, sendo

Table 2: Simulação com Paciente Y

Sintomas	Gravidade
Delírios	0.84
Alucinações	0.69
Discurso desorganizado	0.45
Comportamento desorganizado	0.15
Sintomas negativos	0.18
Diagnóstico	0.75

considerado o risco alto do paciente ser portador da doença, conforme a Figura 9.

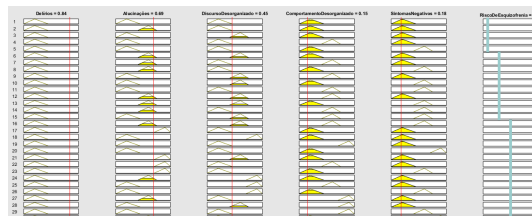


Figure 9: Resultados da Simulação com Paciente Y

Para o paciente fictício Z de 30 anos foram simulados os seguintes valores, apresentados na Tabela 3: delírios 0.38, sendo considerada a fase leve do sintoma, mas próximo de chegar a fase moderada; alucinações 0.35, na fase leve; discurso desorganizado 0.56 encontrando-se na fase moderada; comportamento grosseiramente desorganizado 0.41 no início da fase moderada, mas com limiar na fase leve; sintomas negativos 0.79 na fase grave.

Table 3: Simulação com Paciente Z

Sintomas	Gravidade
Delírios	0.38
Alucinações	0.35
Discurso desorganizado	0.56
Comportamento desorganizado	0.41
Sintomas negativos	0.79
Diagnóstico	0.56

Conforme a Figura 10 o paciente apresenta o diagnóstico de 0.56, sendo considerado risco médio de ser portador da esquizofrenia.

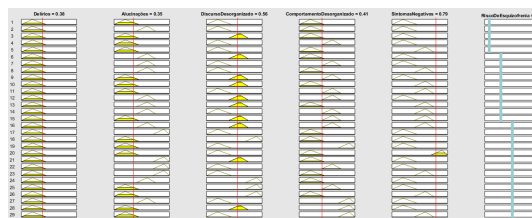


Figure 10: Resultados da Simulação com Paciente Z

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A Esquizofrenia é uma doença que acomete pessoas no mundo todo. Este trabalho evidencia que a lógica *fuzzy* é um método que pode ser utilizado como um recurso auxiliar na predição dela e de outras doenças.

Pode também auxiliar profissionais da saúde a diagnosticar a possibilidade da presença da doença. Contribuindo para que o paciente possa ser encaminhado para o tratamento mais adequado com profissional da área, pois quanto mais rápido o paciente se tratar menos perda de cognição ele terá.

Sugere-se como trabalho futuro, consultar um profissional psiquiatra para ajudar no aperfeiçoamento das regras de inferências e testá-las com dados reais. Assim como também fazer a inclusão do critério E do DSM-5 que atribui as perturbações sofridas por esquizofrênicos, relacionadas aos efeitos fisiológicos de drogas ou até mesmo de medicamentos.

## 7. REFERENCES

- [1] A. G. Aguado and M. A. Cantanhede. Lógica fuzzy. *Artigo sem*, 2010.
- [2] L. Amorim et al. Avaliação de funcionalidade em pacientes com esquizofrenia. 2018.
- [3] N. C. Andreasen, W. T. Carpenter Jr, J. M. Kane, R. A. Lasser, S. R. Marder, and D. R. Weinberger. Remission in schizophrenia: proposed criteria and rationale for consensus. *American Journal of Psychiatry*, 162(3):441–449, 2005.
- [4] A. P. Association et al. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub, 2013.
- [5] A. P. Association et al. *DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. Artmed Editora, 2014.
- [6] P. H. A. da Silva, R. X. de Brito, J. N. de Sousa Ximenes, and R. N. de Sousa. A aplicação da lógica de fuzzy no auxílio do diagnóstico do câncer de mama. *ENUCOMPI*, 2017.
- [7] B. B. Duncan, M. I. Schmidt, E. R. Giugliani, M. S. Duncan, and C. Giugliani. *Medicina Ambulatorial: Condutas de Atenção Primária Baseadas em Evidências*. Artmed Editora, 2014.
- [8] B. C. C. Giacon and S. A. F. Galera. Primeiro episódio da esquizofrenia e assistência de enfermagem. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 40(2):286–291, 2006.
- [9] K. Goyal and J. Singhai. Review of background subtraction methods using gaussian mixture model for video surveillance systems. *Artificial Intelligence Review*, 50(2):241–259, 2018.
- [10] L. C. Lobo. Inteligência artificial e medicina. 2017.
- [11] C. Mosoiu, A. Sumedrea, V. Burtea, and P. Ifteni. Fuzzy system approach to symptoms in schizophrenia. 01 2010.
- [12] L. V. Müller et al. Sistema de monitoramento da frequência cardíaca via lógica fuzzy em bicicleta ergométrica com microgeração de energia. Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- [13] D. F. Nogales Castedo. *Sistema experto para el diagnóstico de la depresión de un geronte basado en lógica difusa*. PhD thesis, 2015.
- [14] D. L. M. d. Paula, A. C. d. M. Lima, M. V. d. A. Vinagre, and A. N. Pontes. Saneamento nas embarcações fluviais de passageiros na amazônia: uma análise de risco ao meio ambiente e à saúde por meio da lógica fuzzy. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(2):283–294, 2019.
- [15] S. Saha, D. Chant, and J. McGrath. A systematic review of mortality in schizophrenia: is the differential mortality gap worsening over time? *Archives of general psychiatry*, 64(10):1123–1131, 2007.
- [16] H. Seker, M. O. Odetayo, D. Petrovic, and R. N. G. Naguib. A fuzzy logic based-method for prognostic decision making in breast and prostate cancers. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 7(2):114–122, June 2003.
- [17] R. Tanscheit. Sistemas fuzzy. *Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro*, 2004.
- [18] L. Valiengo, P. C. Gordon, J. B. de Carvalho, R. M. Rios, S. Koebe, M. H. Serpa, M. van de Bilt, A. Lacerda, H. Elkis, W. F. Gattaz, et al. Tratamento da esquizofrenia com estimulação transcraniana por corrente contínua (etcc): fundamentação teórica e objetivos de um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por simulação. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, (ahead), 2019.