

APLICAÇÕES ESTADO DA ARTE DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E_{τ} NA MEDICINA

Gustavo Costa Pereira da Silva

Bacharelado de Engenharia de Controle e Automação
Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus
Cubatão, SP, Brasil.

Heitor Giatte da Costa

Bacharelado de Engenharia de Controle e Automação
Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus
Cubatão, SP, Brasil.

Dr. Arnaldo de Carvalho Junior

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus
Cubatão, SP, Brasil.

Dr. Charles Artur Santos de Oliveira

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus
Cubatão, SP, Brasil.

RESUMO: Na medicina, o diagnóstico preciso e no tempo correto é fundamental para um tratamento eficaz e se alcançar a cura. Para auxiliar os médicos na tomada de decisão sobre um diagnóstico, ferramentas de software, chamadas de sistemas especialistas, têm sido desenvolvidas sendo fundamentadas no objetivo de simular o raciocínio de um profissional notoriamente “expert” na área de conhecimento específica. Entretanto, a medição ou a base de dados utilizada por esses sistemas pode conter informações imprecisas, conflitantes ou contraditórias. A lógica paraconsistente anotada evidencial ($LPA_{E_{\tau}}$), também chamada de lógica paraconsistente anotada com anotação de 2 valores (LPA_{2v}), pertencente à família de lógicas paraconsistentes, permite trabalhar com informações contraditórias, sem risco de ser trivial, tendo sido utilizada com sucesso no desenvolvimento de sistemas especialistas. Este artigo apresenta um levantamento das aplicações estado da arte de sistemas especialistas, utilizando a LPA_{2v} . Para isso, uma breve descrição da LPA_{2v} , dos algoritmos baseados nela, como do nó de análise paraconsistente (NAP), da célula neural artificial paraconsistente (CNAP) e rede neural artificial paraconsistente (RNAP) são apresentados. Estes conceitos são utilizados como base para a construção

de sistemas de diagnóstico e análise de dados, inclusive provenientes de espectroscopia Raman, analisados neste artigo.

PALAVRAS-CHAVES: Sistemas Especialistas, Lógica Paraconsistente, Diagnóstico Médico, Redes Neurais Paraconsistentes, LPA2v.

ABSTRACT: In medicine, accurate and timely diagnosis is essential for effective treatment and achieving a cure. To assist physicians in making a decision about a diagnosis, software tools, called expert systems, have been developed based on the objective of simulating the reasoning of a professional who is notoriously “expert” in the specific area of knowledge. However, the measurement or database used by these systems may contain inaccurate, conflicting or contradictory information. The Paraconsistent Annotated Evidential Logic (E_{τ}), also called annotated paraconsistent logic with annotation of 2 values (PAL2v), belonging to the family of paraconsistent logics, allows working with contradictory information, without the risk of being trivial, having been used successfully in the development of expert systems. This article presents a survey of state-of-the-art applications of expert systems using PAL2v. For this, a brief description of PAL2v, algorithms based on it, such as the paraconsistent analysis node (NAP), the paraconsistent artificial neural cell (CNAP) and the paraconsistent artificial neural network (RNAP) are presented. These concepts are used as a basis for the construction of diagnostic systems and data analysis, including those from Raman spectroscopy, analyzed in this article.

KEYWORDS: Specialist Systems, Paraconsistent Logic, Medical Diagnosis, Paraconsistent Neural Network, PAL2v.

INTRODUÇÃO

O mundo real nos traz informações obrigatoriamente imprecisas, podendo ser em alguns casos, inconsistentes. Tratar essas informações e raciocinar com elas é um dos principais desafios da nossa era de *big data*. As lógicas clássicas e intuicionistas, têm uma série de desvantagens quando as informações descritas são inconsistentes (ZAMANSKY, 2019). Desta forma, as Lógicas Paraconsistentes surgiram com a finalidade de encontrar meios para solucionar essa barreira (SILVA FILHO, 2006).

Os primeiros conceitos do raciocínio paraconsistente nos tempos modernos, são vistos no início do século XX, o lógico russo Vasiliev e o filósofo

polonês Łukasiewicz deram novas interpretações para sistemas formais, fazendo com que as contradições pudessem fazer sentido (ZAMANSKY, 2019). Outro autor muito importante que contribui para esse estudo é o matemático, lógico e filósofo brasileiro Newton Carneiro Affonso da Costa (COSTA, 1963).

Para se obter diagnósticos médicos por lógica, normalmente faz-se uso de banco de dados ou uma grande base de conhecimento, desta forma, as inconsistências precisam ser tratadas e analisadas por um sistema adequado (SADEGH-ZADEH, 2011). Quando se trata de diagnóstico médico com a LPA2v, utiliza-se sistemas especialistas paraconsistente (SILVA FILHO, 2012). Esse sistema em questão, pode implicar todas as informações do mundo, porém, se analisado da maneira errada, pode dizer tudo sobre o paciente e ao mesmo tempo nada para o profissional que esteja interpretando. Para evitar que isso aconteça, a lógica paraconsistente se encaixa muito bem, porém, esse tipo de lógica ainda não é tão conhecido no mundo acadêmico (SADEGH-ZADEH, 2011). Sendo assim, o objetivo deste artigo é contribuir para a divulgação e aprendizado da lógica paraconsistente anotada abordando aplicações na medicina.

LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) faz parte da família de Lógicas Paraconsistentes, que gera o tratamento de sinal representando-os por anotações, permitindo assim a construção de algoritmos para a descrição e equalização. Nas LPAs as fórmulas proposicionais são acompanhadas por anotações, sendo cada anotação pertencente a uma rede finita atribuindo valores aos seus correspondentes (MARIO *et al.*, 2018). As anotações estão relacionadas a um estado lógico, que além de incluir o tradicional verdadeiro e falso, incluem o Inconsistente e Indeterminado ou Paracompleto (CARVALHO JUNIOR, 2018).

LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIAL E_{τ} ou LPA2v

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} ou Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de Dois Valores (LPA2v), introduz uma linguagem E_{τ} que propicia correlacionar a cada duas grandezas, uma grandeza

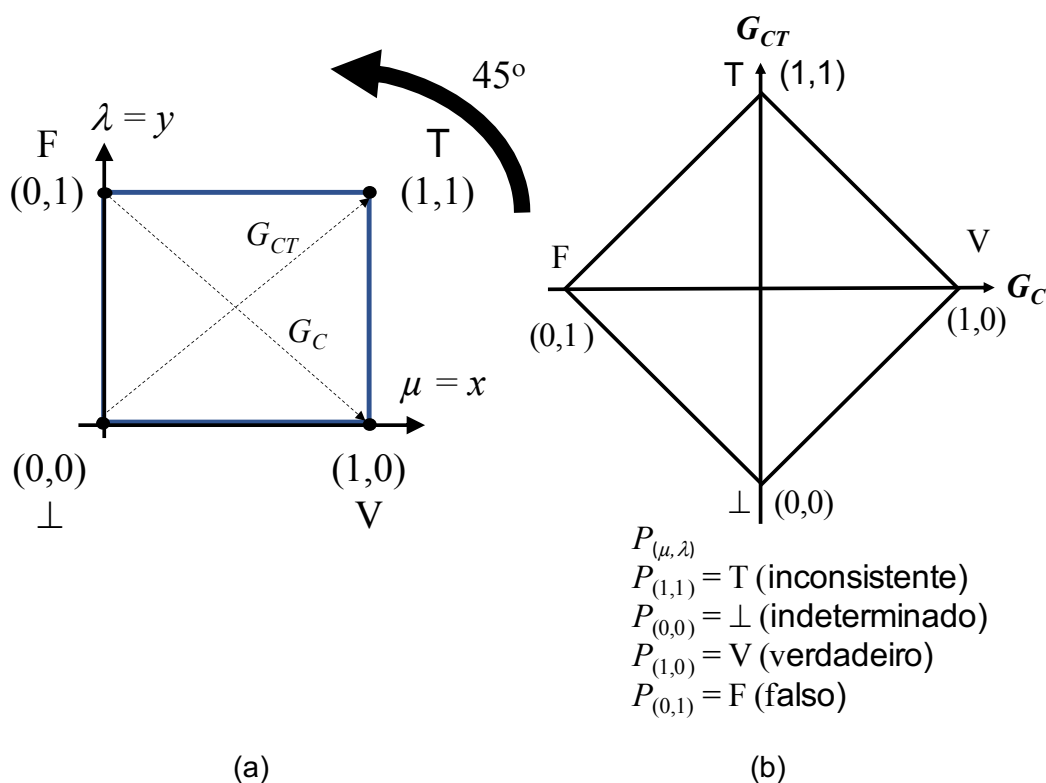
que será ligada a proposição verdadeira, denominada evidência favorável (μ) e outra voltada a proposição falsa, chamada de evidência desfavorável (λ). Essas duas evidências são representadas por números Reais dentro do intervalo de $[0,1]$ (ABE, 2013). Por conseguinte, podemos representar todas as possíveis combinações de evidências em um diagrama de Hasse de 4 vértices como na figura 1.

Podemos representar os termos da LPA2v por meio das equações do grau de certeza e contradição:

$$G_c = \mu - \lambda \tag{1}$$

$$G_{ct} = \mu + \lambda - 1 \tag{2}$$

Figura 1 – Diagrama de Hasse de 4 vértices da LPA2v.



Fonte: adaptado de Silva Filho et al. (2016).

Com o grau de certeza, é possível obter o grau de evidência resultante com a saída normalizada de G_c :

$$\mu_E = \frac{G_c + 1}{2} \quad (3)$$

No diagrama de Hasse, podemos calcular a distância d entre os estados lógico paraconsistentes E_τ e um dos vértices horizontais que representa os estados lógicos extremos Falso e Verdadeiro, representamos isso matematicamente como (GARCIA *et al.*, 2019):

$$d = \sqrt{(1 - |G_c|)^2 + G_{ct}^2} \quad (4)$$

Podemos também calcular o valor do grau de certeza real (G_{cr}) através das seguintes condições:

$$\text{Se } G_c > 0 \quad G_{cr} = 1 - d$$

$$\text{Se } G_c < 0 \quad G_{cr} = d - 1$$

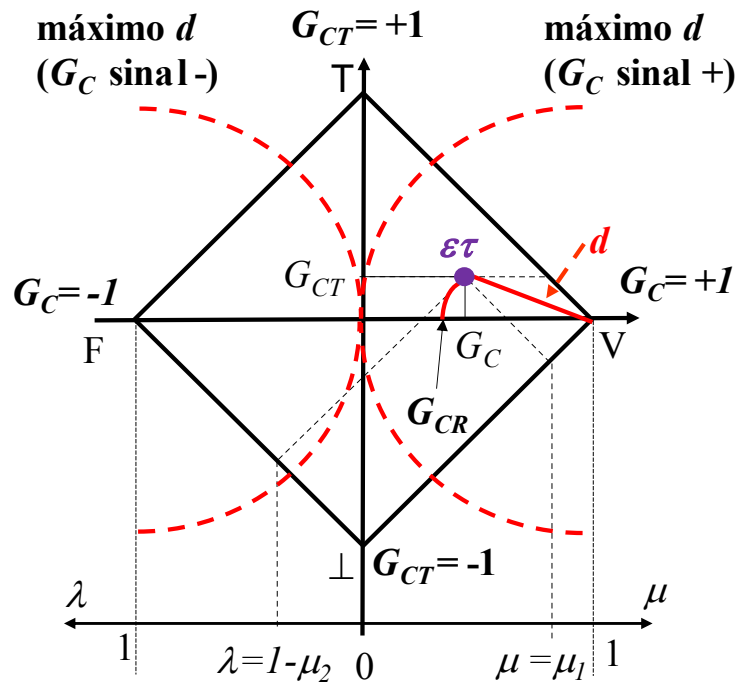
Com o G_{cr} definido, podemos então encontrar o grau de evidência resultante para sua saída (GARCIA *et al.*, 2019):

$$\mu_{ER} = \frac{G_{cr} + 1}{2} \quad (5)$$

A figura 2 representa os principais valores da LPA2v (SILVA FILHO; ABE; LAMBERT-TORRES, 2008).

Devido ao grau de evidência resultante real (μ_{ER}) extrair os efeitos da contradição da análise, este se mostra mais consistente do que o grau de evidência resultante (μ_E) (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Figura 2 – Diagrama da LPA2v com os Graus de certeza, contradição e de Certeza real.



Fonte: adaptado de Silva Filho, Abe, Lambert-Torres (2008, p.56).

NÓ DE ANÁLISE PARACONSISTENTE

O Nó de Análise Paraconistente (NAP) é um elemento capaz de tratar um sinal concebido de um grau de evidência e outra de evidência desfavorável e fornecer na sua saída um grau de evidência resultante. Pode-se escrever o algoritmo baseado no NAP de forma reduzida conforme figura 3:

Figura 3 – Algoritmo base do Nó de Análise Paraconsistente.

Entre com os valores de Entrada.

μ */ Grau de Evidência favorável $0 \leq \mu \leq 1$

λ */ Grau de Evidência desfavorável $0 \leq \lambda \leq 1$

Calcule o Grau de Contradição Normalizado.

$$\mu_{CT} = \frac{G_{CT} + 1}{2} = \frac{\mu + \lambda}{2}$$

Calcule o Intervalo de Evidência Resultante

$$\varphi_E = 1 - |2\mu_{CT} - 1|$$

Calcule o Grau de Certeza.

$$G_C = \mu - \lambda$$

Calcule o Grau de Contradição

$$G_{CT} = \mu + \lambda - 1$$

Calcule a distância d

$$d = \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_{CT}^2}$$

Calcule o Grau de Certeza Real

Se $G_C > 0$, $G_{CR} = (1 - d)$

Se $G_C < 0$, $G_{CR} = (d - 1)$

Determine o sinal da Saída

Se $\varphi_E \leq 0,25$ ou $d > 1$, então faça:

S1 = 0,5 e S2 = $\varphi_{E(\pm)}$: Indefinição e vá para o fim.

Senão vá para o próximo item

Calcule o Grau de Evidência Resultante real

$$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2}$$

Determine a sinalização do Intervalo de Evidência resultante

Se $\mu_{CT} < 0,5$; sinalize negativo $\varphi = \varphi_{E(-)}$

Se $\mu_{CT} > 0,5$; sinalize positivo $\varphi = \varphi_{E(+)}$

Se $\mu_{CT} = 0$; sinalize zero $\varphi = \varphi_{E(0)}$

Apresente os resultados na saída.

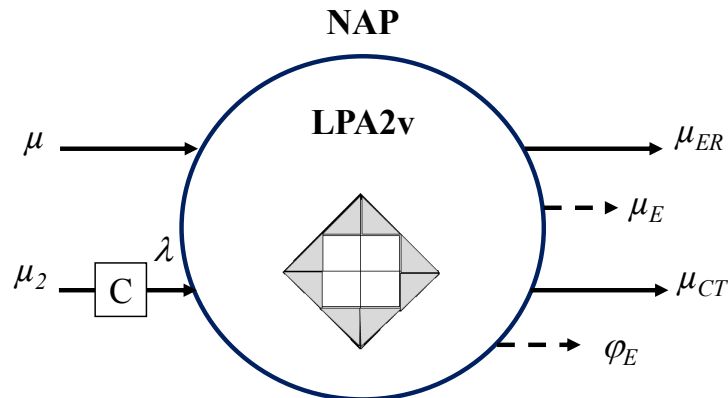
Faça S1 = μ_{ER} e S2 = $\varphi_{E(\pm)}$

Fim.

Fonte: adaptado de SILVA FILHO (2012, pag. 39-40).

A figura 4 apresenta o símbolo de um NAP com duas entradas de evidência (SILVA FILHO *et al.*, 2009).

Figura 4 – Símbolo do Nó de Análise Paraconsistente.



Fonte: adaptado de (SILVA FILHO *et al.*, 2009).

REDE NEURAL ARTIFICIAL PARACONSISTENTE

A PANN (*paraconsistent artificial neural network*) é uma nova rede neural artificial que baseia-se na lógica anotada paraconsistente E_{τ} .

As fórmulas atômicas da lógica E_{τ} são do tipo $P_{(\mu,\lambda)}$ onde $(\mu, \lambda) \in [0,1]^2$ e $[0,1]$ é o intervalo unitário real (P denota uma variável proposicional). $P_{(\mu,\lambda)}$ pode ser intuitivamente “presume-se que a evidência favorável de P é μ e a evidência contrária é λ ”. Dessa forma (ABE; LOPES; NAKAMATSU, 2014):

- $P(1.0,0.0)$ pode ser lido como uma proposição verdadeira.
- $P(0.01.0)$ pode ser lido como uma proposição falsa.
- $P(1.0,1.0)$ pode ser lido como uma proposição inconsistente.
- $P(0.0,0.0)$ pode ser lido como uma proposição paracompleta ou indeterminada (desconhecida).

Nota: a condição $P(0.0,0.0)$ denota uma indefinição (I) da lógica.

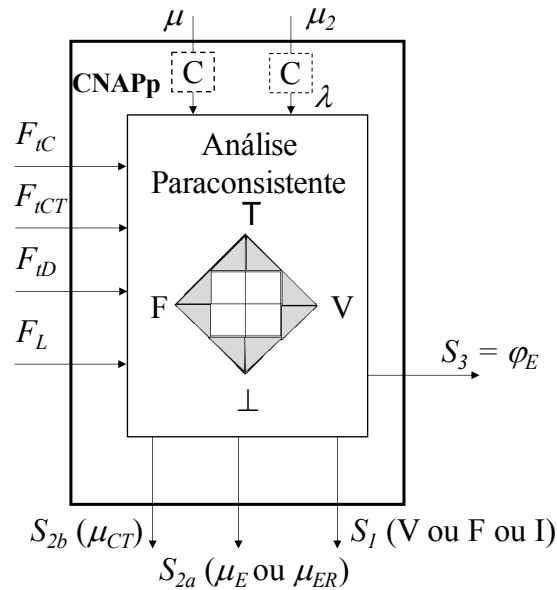
CÉLULA NEURAL ARTIFICIAL PARACONSISTENTE

Uma célula neural artificial paraconsistente (CNAP) é denominada básica quando um par (μ, λ) é usado como entrada e resultada como saída (SANTOS *et al.*, 2015):

- $S_{2a} = G_{un}$ = grau de incerteza resultante
- $S_{2b} = G_{ce}$ = grau de certeza resultante
- $S_1 = X$ = constante de indefinição.

A figura 5 mostra a célula básica de uma CNAP:

Figura 5 – CNAP Básico ou padrão (CNAPp).



Fonte: adaptado de (ABE; LOPES; NAKAMATSU, 2014).

O grau de certeza resultante G_{ce} é obtido da seguinte forma (ABE; LOPES; NAKAMATSU, 2014):

- Se: $V_{cfa} = G_{ce} = V_{cve}$ ou $-Ft_{ce} = G_{ce} = Ft_{ce} \Rightarrow G_{ce} = \text{indefinição}$.
- Para: $V_{cpa} = G_{un} = V_{cic}$ ou $-Ft_{un} = G_{un} = Ft_{un}$
- Se: $G_{ce} = V_{cfa} = -Ft_{ce} \Rightarrow G_{ce} = \text{falso com grau } G_{un}$
- Se: $Ft_{ce} = V_{cve} = G_{ce} \Rightarrow G_{ce} = \text{verdade com grau } G_{un}$

LÓGICA PARACONSISTENTE EM DIAGNÓSTICO E ANÁLISE NA MEDICINA

A lógica paraconsistente, apesar de recente, tem sido muito utilizada na medicina. A Tabela 1 a seguir apresenta um levantamento sobre as pesquisas publicadas na área médica utilizando a lógica paraconsistente.

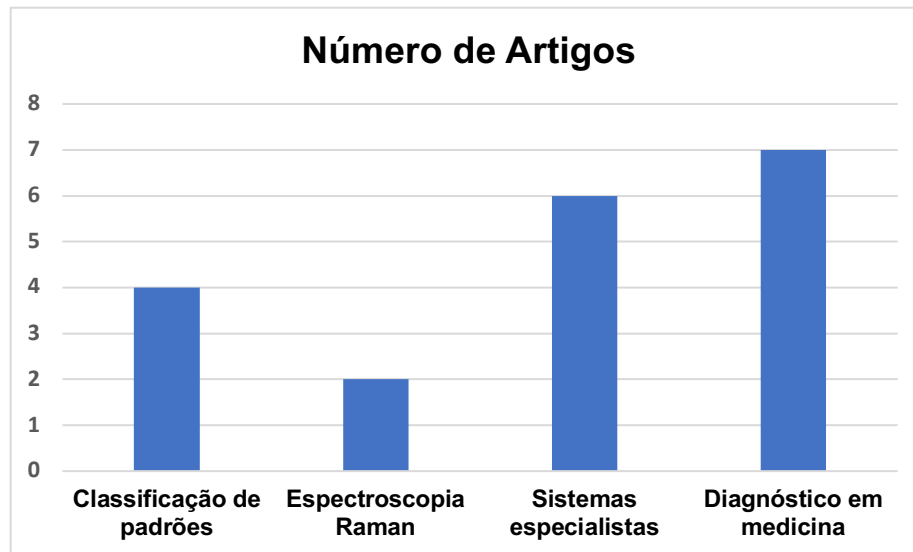
Tabela 1 – Levantamento de Pesquisas LPA2v na Medicina.

Citações	Ano	Título	Referência
12	2005	Paraconsistent artificial neural network: An application in cephalometric analysis	Abe; <i>et al.</i> (2005)
12	2006	Modelo de análise de variáveis craniométricas através das redes neurais artificiais paraconsistentes	Mario. (2006)
27	2007	Paraconsistent artificial neural networks and Alzheimer disease	Abe; Lopes; Anghinah. (2007)
5	2009	Analysis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated Logic	Silva Filho (2009)
7	2009	Métodos de apoio a decisão médica para análise em diabetes mellitus gestacional utilizando a probabilidade pragmática na lógica paraconsistente anotada de dois valores para melhor precisão de resposta.	Souza. (2009)
33	2010	Paraconsistent artificial neural network as auxiliary in cephalometric diagnosis	Mario; <i>et al.</i> (2010)
1	2011	Improved Application of Paraconsistent Artificial Neural Networks in Diagnosis of Alzheimer's Disease	Lopes; <i>et al.</i> (2011)
17	2012	Medical equipment classification: method and decision-making support based on paraconsistent annotated logic	Oshiyama; <i>et al.</i> (2012)
7	2014	Paraconsistent neurocomputing and brain signal analysis	Abe; <i>et al.</i> (2014)
1	2015	Paraconsistent Artificial Neural Network Applied in Breast Cancer Diagnosis Support	Amaral; <i>et al.</i> (2015)
2	2015	Paraconsistent neurocomputing and biological signals analysis	Abe; Lopes; Anghinah. (2015)
0	2016	Modelo de Análise de Mamografias através do Uso de Lógica Paraconsistente Anotada para Auxílio de Diagnóstico de Patologias da Mama	Mario; Silva Filho; Abe. (2016)
9	2016	Paraconsistent analysis network applied in the treatment of Raman spectroscopy data to support medical diagnosis of skin cancer	Silva Filho; <i>et al.</i> (2016)
0	2016	Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes Aplicadas no Estudo de Padrões Mutacionais do Subtipo F das Cepas Virais do HIV-1 na Terapia Antirretroviral	Santos. (2016)
0	2016	Rede Neural Artificial Paraconsistente na Tomada de Decisão em Transplante Hepático	Oliveira; <i>et al.</i> (2016)
0	2016	Reconhecimento de Nevos e Melanomas Baseado nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes	Souza; Abe. (2016)
0	2018	Paraconsistent Extractor of Mammographic Images Applied in the Process of Diagnosis of Breast Cancer Assisted by Computer	Amaral; <i>et al.</i> (2018)
5	2019	Analysis of Raman spectroscopy data with algorithms based on paraconsistent logic for characterization of skin cancer lesions	Garcia; <i>et al.</i> (2019)
0	2021	Study of PANN Components in Image Treatment for Medical Diagnostic Decision-Making	Lima; <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Autoria própria.

A figura 6 apresenta a quantidade de artigos de LPA2v na medicina de acordo com sua aplicação.

Figura 6 – Quantidades de artigos LPA2v em medicina de acordo com sua aplicação.



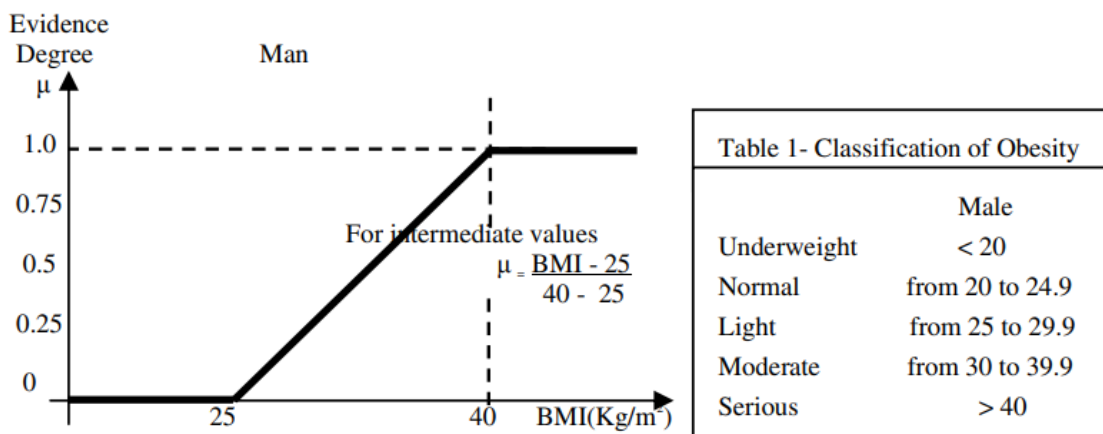
Fonte: Autoria própria.

A partir dos conceitos da lógica paraconsistente, abordados na sessão anterior, pode-se compreender melhor determinadas aplicações na medicina. Um dos estudos desta área envolve sistemas aplicados a processos de diagnóstico do câncer de mama, onde as observações são feitas a partir de imagens mamográficas. Os artigos *“Paraconsistent Artificial Neural Network Applied in Breast Cancer Diagnosis Support”* e *“Paraconsistent Extractor of Mammographic Images Applied in the Process of Diagnosis of Breast Cancer Assisted by Computer”* utilizam dois diferentes bancos de dados para realizar simulações, sendo o primeiro composto por 143 amostras divididas em 64 casos benignos e 79 casos malignos representados pela forma (AMARAL *et al.*, 2015). O segundo é destinado às massas mamográficas e classificação de tumores, esta é composta em 57 regiões de interesse divididas em 37 amostras malignas e 20 casos benignos (AMARAL *et al.*, 2018). Ambos os trabalhos utilizam uma PANN para se obter os resultados, montando o seu analisador paraconsistente e os resultados dos analisadores paraconsistentes em sua primeira versão, chegou a 94% de acertos para a calcificação, considerando que os erros de diagnóstico podem chegar a 50% em casos extremos, ambos os sistemas

mostraram uma boa redução do diagnóstico com falsos positivos ou falsos negativos (AMARAL *et al.*, 2015).

Outra aplicação que se pode obter da lógica paraconsistente é a análise e diagnóstico de doenças cardiovasculares, no artigo “*Analisis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated logic*” no qual utilizou conceitos teóricos e algoritmos da LPA2v (NAP) para apresentar um sistema especialista paraconsistente, chamado de “*ParaHyper*”. A figura 7 mostra a classificação de obesidade para Homens e a variação do grau de evidência e o índice de massa corporal (IMC) (SILVA FILHO *et al.*, 2009):

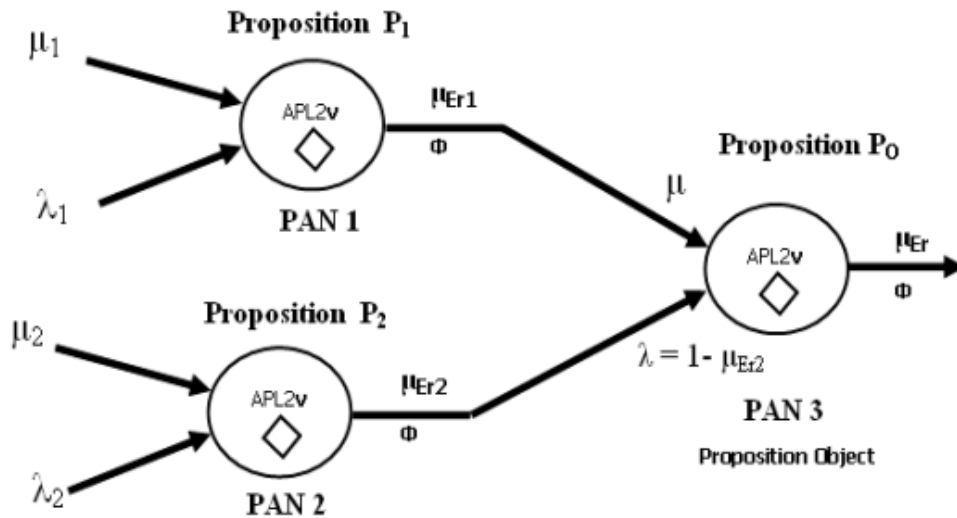
Figura 7 – Classificação de obesidade em homens e variação do grau de evidência versus o índice de massa corporal.



Fonte: (SILVA FILHO *et al.*, 2009).

Os valores são inseridos no *ParaHyper* e analisados por várias NAPs ligados em uma rede paraconsistente, de acordo com a figura 8.

Figura 8 – Três NAPs interligadas em uma rede paraconsistente de análise.



Fonte: (SILVA FILHO et al., 2009).

O analisador utilizado neste artigo ainda está sendo melhorado, mas os resultados iniciais foram positivos, os autores deste trabalho buscam aperfeiçoar o *ParaHyper* para que sua pontuação seja mais próxima do diagnóstico feito por especialistas da área médica (SILVA FILHO et al., 2009).

A partir da lógica paraconsistente também é possível desenvolver modelos de análises específicos, como por exemplo na tese de doutorado apresentada por Mauricio Conceição Mario à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo que tinha como denominação “Modelo de análise de variáveis craniométricas através das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes” e objetivo de desenvolver um modelo para análise craniométrica que utiliza as redes neurais artificiais paraconsistentes baseada na LPA2v, afim de melhorar o diagnóstico cefalométrico (MARIO, 2006).

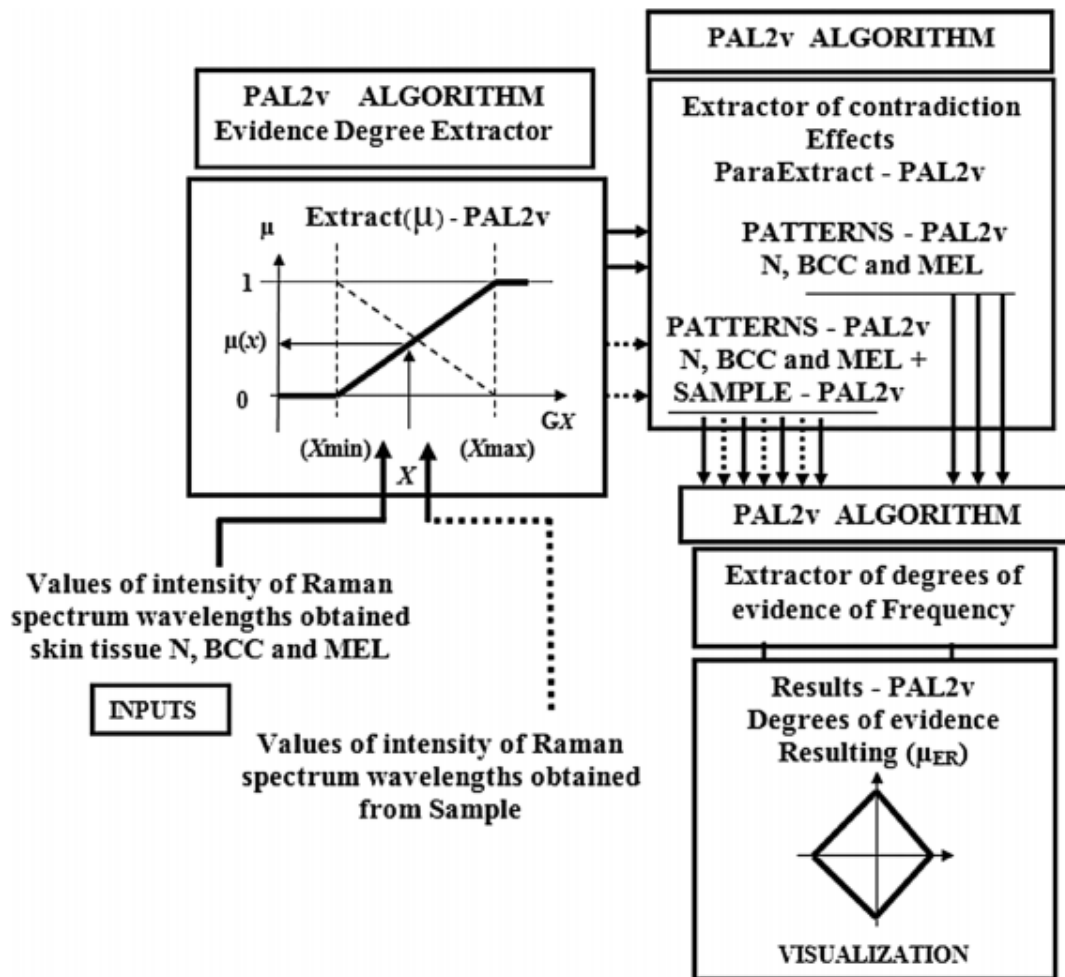
O modelo apresentado na tese recebe as medidas das variáveis craniométricas de um determinado paciente e os compara com as medidas das variáveis craniométricas de uma amostra da população brasileira. Essa amostra é composta de crianças e adolescentes de ambos os sexos, na faixa etária de 6 a 18 anos, utilizadas como valores de referência de normalidade, logo, a análise consiste em quantificar as discrepâncias nos esqueletos e dentárias a partir da lógica paraconsistente (MARIO, 2006).

Para teste, as variáveis craniométricas de 120 pacientes foram processadas pelo modelo proposto e avaliados por três especialistas em Ortodontia e de acordo com o índice Kappa, que é uma medida amplamente usada para quantificar a concordância entre dois métodos de classificação (COOK, 2005), houve desde concordância satisfatória até concordância quase perfeita entre o modelo e os especialistas (MARIO, 2006).

LÓGICA PARACONSISTENTE EM ESPECTROSCOPIA RAMAN

A espectroscopia Raman é uma técnica espectroscopia vibracional que fornece informações detalhadas sobre a composição e estrutura molecular (WOLTHUIS *et al.*, 1999). Podemos citar dois artigos que utilizam deste método para apoiar o diagnóstico médico de câncer de pele “*Paraconsistent Analysis network applied in the treatment of Raman spectroscopy data to support Medical Diagnosis of Skin Cancer*” e “*Analysis of Raman spectroscopy data with algorithms based on paraconsistente logic for characterization of skin câncer lesions*”. Em ambos, a técnica de espectroscopia é utilizada para gerar um conjunto de dados em função da frequência, os dados serão tratados a partir da lógica paraconsistente. O primeiro artigo utilizou um banco de dados com 145 espectros retirados, sendo eles, 30 espectros de tecido de pele normal, 96 espectros de carcinoma basocelular e 19 espectros de melanoma. Para o apoio da análise desses dados, foi utilizado uma rede de análise paraconsistente composta por 4 tipos de algoritmos extraídos dos conceitos fundamentais da LPA2v, sendo eles: extrator de graus de evidência, nó de análise paraconsistente (NAP), extrator de efeitos de contradição e graus de frequência do extrator de evidências. A figura 9 mostra a topologia de rede de análise paraconsistente usada para o tratamento dos dados, sendo eles divididos em extração dos graus de evidência, formação de padrões e comparação para um diagnóstico (SILVA FILHO *et al.*, 2016):

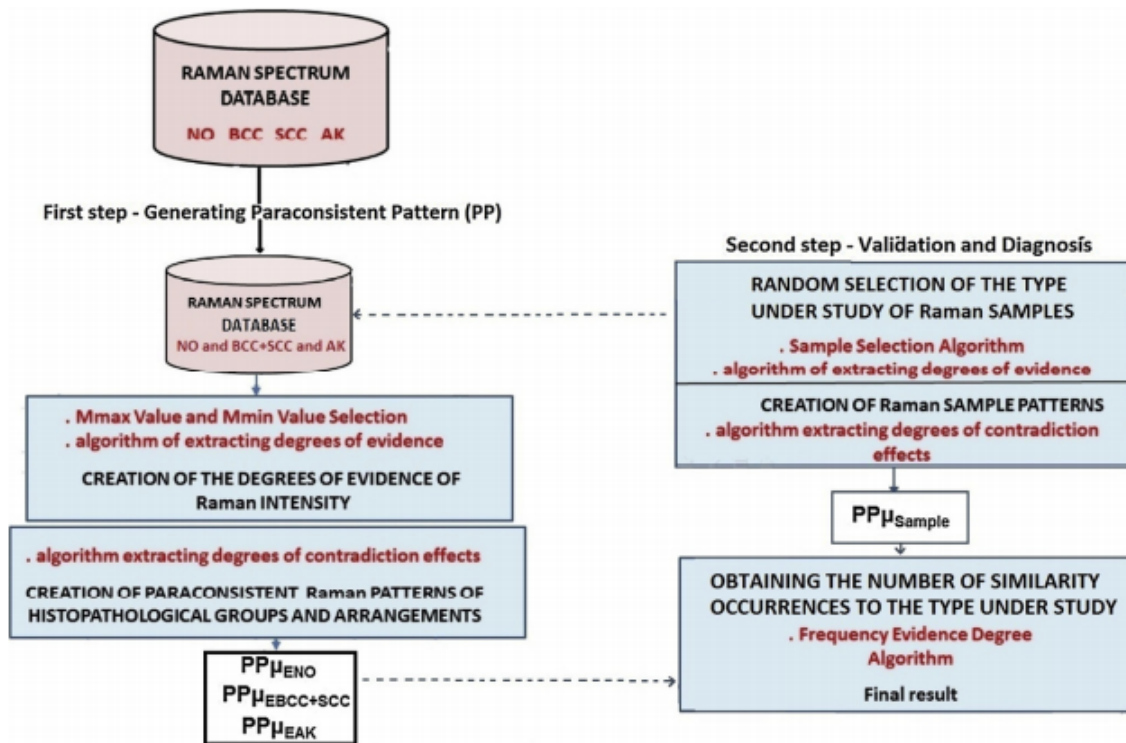
Figura 9 – Topologia da rede de análise paraconsistente.



Fonte: (SILVA FILHO *et al.*, 2016).

O segundo artigo traz um objetivo semelhante ao primeiro, mas com algumas diferenças. Dentre elas, o tipo de análise, sendo neste lesões de pele que podem evoluir para uma possível doença maligna e o banco de dados utilizado, tornando-se maior e mais complexo que o anterior, com cerca de 223 amostras no total, com 115 de lesões cutâneas, 21 carcinoma de células escamosas, 57 de ceratose actínica e 30 de peles sem lesões. Por conseguinte, este trabalho exigiu uma estrutura computacional paraconsistente mais robusta que a anterior, através de um conjunto de algoritmos paraconsistentes baseado na LPA2v que irá fazer a análise dos dados. A figura 10 mostra o fluxograma do conjunto de algoritmos paraconsistente usados para discriminar os espectros de pele (GARCIA *et al.*, 2019):

Figura 10 – Fluxograma do conjunto de algoritmos paraconsistente.



Fonte: (GARCIA *et al.*, 2019).

Os resultados do primeiro artigo mostraram uma precisão semelhante ao método usual de análise estatística, já o segundo artigo trouxe um conjunto de algoritmos paraconsistente que se mostrou superior ao método de análise de dados Raman tradicional (SILVA FILHO *et al.*, 2016) e (GARCIA *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lógica Paraconsistente Anotada de Dois Valores vem ao longo dos anos contribuindo para soluções de problemas que apresentam algum grau de inconsistência e a partir dos seus conceitos é possível criar estratégias para tratar os dados e analisá-los de maneira correta, na medicina não é diferente, contribuindo para diagnóstico de doenças que dependem de uma leitura prematura e eficiente.

Este artigo descreveu os conceitos da LPA2v, utilizados por para o desenvolvimento de ferramentas de suporte a diagnósticos, e apresentou um levantamento dos estudos desenvolvidos em estado da arte como no suporte ao

diagnóstico do câncer de mama, análise e diagnóstico de doenças cardiovasculares, um modelo para analisar variáveis craniométricas e a técnica de espectroscopia Raman como fonte de dados para se aplicar a LPA2v e ajudar no diagnóstico médico do câncer de pele.

Os resultados desses trabalhos têm sido interessantes e ganhado atratividade não apenas no campo da medicina, mas da engenharia, trazendo modelos e soluções novas de problemas que necessitam o uso de lógicas não clássicas ou que podem servir como suporte ao profissional de saúde no momento de realizar uma análise ou diagnóstico específico.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Instituto Federal de São Paulo Campus Cubatão, por fomentar essa pesquisa através do edital PIBIFSP-CBT nº 012/2020.

REFERÊNCIAS

ABE, J. M. Aspectos de Computação Inteligente Paraconsistente. **Instituto de Estudos Avançados da USP**. São Paulo. 2013.

ABE, J.M; LOPES, H.F.S.; ANGHINAH, R. Paraconsistent artificial neural networks and Alzheimer disease: a preliminary study. **Dementia & neuropsychologia**, vol. 1(3), p. 241-247. 2007.

ABE, J.M.; et al. Paraconsistent Artificial Neural Network: An Application in Cephalometric Analysis. **Lecture Notes in Computer Science**, vol 3682, p. 716-723. 2005.

ABE, J. M; LOPES, H. F. S.; ANGHINAH, R. Paraconsistent Neurocomputing and Biological Signals Analysis. **Paraconsistent Intelligent-Based Systems**, v. 94, p. 273-306. 2015.

ABE, J. M; LOPES, H. F. S.; NAKAMATSU, K. Paraconsistent Neurocomputing and brain signal analysis. **Vietnam Journal of Computer Science**, p. 219 – 230. 2014.

AMARAL, F. V.; *et al.* Paraconsistent Artificial Neural Network Applied in Breast Cancer Diagnosis Support. **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**, v. 459, p.464-472. 2015.

AMARAL, F. V.; *et al.* Paraconsistent Extractor of Mammographic Images Applied, **2018 Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)**, p. 1-6. 2018.

CARVALHO JUNIOR, A. Aplicações Estado da Arte da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ Na Indústria 4.0 e Internet das Coisas. **Revista Qualif**, v.2, n.2, pp. 38-57. 2018.

Cook, R.J. (2005). Kappa. In **Encyclopedia of Biostatistics** (eds P. Armitage and T. Colton). <https://doi.org/10.1002/0470011815.b2a04023>.

COSTA, N.C.A. Sistemas Formais Inconsistentes. Curitiba: **Universidade Federal do Paraná**. 1963.

GARCIA, D. V.; *et al.* Analysis of Raman spectroscopy data with algorithms based on paraconsistente logic for characterization of skin cancer lesions. **Vibrational Spectroscopy**, v.103, pp. 1-10. 2019.

LIMA, L. A. de.; *et al.* Study of PANN Components in Image Treatment for Medical Diagnostic Decision-Making. **Conference NETLOG 2021**. 2021.

LOPES. H. F.S.; *et al.* Improved Application of Paraconsistent Artificial Neural Networks in Diagnosis of Alzheimer's Disease. **Neuroscience International**, v.2(1), p. 17-27.

MARIO, M.C. Modelo de análise de variáveis craniométricas através das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. Tese de Doutorado – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

MARIO, M. C; SILVA FILHO, J. I; ABE, J.M. Modelo de Análise de Mamografias através do Uso de Lógica Paraconsistente Anotada para Auxílio de Diagnóstico de Patologias da Mama. **Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em lógicas não-classicas**, p.97-115. 2016.

MARIO. M.C, *et al.* Paraconsistent Artificial Neural Network as Auxiliary in Cephalometric Diagnosis. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 34, p. E215-E221. 2010.

MARIO, M.C. Paraconsistent Logic Applied in Metallography of welds classification through morphological characteristics and entropy of digital images. **Journal of Physics**, v. 1074, p. 26-28. 2018.

OLIVEIRA, C. C. de.; *et al.* Rede Neural Artificial Paraconsistente na Tomada de Decisão em Transplante Hepático. **Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em lógicas não-classicas**, p. 189-197. 2016.

OSHIYAMA, F.N, *et al.* Medical equipment classification: method and decision-making support based on paraconsistent annotated logic. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 50, p. 395-402. 2012.

SADEGH-ZADEH, K. Logic in Medicine. **Handbook of Analytic Philosophy of Medicine**, v.113, p. 587-673. 2011.

SANTOS, P. C. C. dos. Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes Aplicadas no Estudo de Padrões Mutacionais do Subtipo F das Cepas Virais do HIV-1 na Terapia Antirretroviral. **Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em lógicas não-classicas**, p. 116- 146. 2016.

SILVA FILHO, J. I. da.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes. Rio de Janeiro: LTC. 2008.

SILVA FILHO, J. I. da. Analysis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated Logic. **New Advances in inteligente Decision Technologies**, v.199. p. 295-303. 2009.

SILVA FILHO, J. I. Métodos de Aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores – LPA2v. **Revista Seleção Documental**, v.1, n.1, pp.18-25. 2006.

SILVA FILHO, *et al.* Paraconsistent analysis network Applied in the treatment of Raman spectroscopy data to support medical diagnosis of skin cancer. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v.54, pp.1453-1467. 2016.

SILVA FILHO, J. I. da.; SEGURA, J. M.; REITER A. C. In: Expert System Software ISBN: 978-1-161209-114-3 Editors: **Algorithms Based On Paraconsistent Annotated Logic For Applications in Expert Systems**. 2012.

SILVA FILHO, J. I. da. Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications. **Journal of intelligent Learning Systems and Applications**, v.4, pp.144-153. 2012.

SOUZA, S; ABE, J.M. Reconhecimento de Nevos e Melanomas Baseado nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. **Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em lógicas não-classicas**, p. 147-156. 2016.

SOUZA, P. R. S. Métodos de apoio a decisão médica para análise em diabetes mellitus gestacional utilizando a probabilidade pragmática na lógica paraconsistente anotada de dois valores para melhor precisão de resposta. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

WOLTHUIS, *et al.* Raman Spectroscopic Methods for In Vitro and In Vivo Tissue Characterization. **Fluorescent and Luminescent Probes for Biological Activity**, n.2, pp. 433-455. 1999.

ZAMANSKY, A. On recent applications of paraconsistent logic: an exploratory literature review. **Journal of Applied Non-Classical Logics**, v.29, n.4, p.382-391. 2019.