

## **APLICAÇÕES DE LPA2V COM SCILAB: ESTUDO DE CASO COM INDICADOR DE QUALIDADE DE CANAL DE TV DIGITAL**

### **Arnaldo de Carvalho Junior**

Mestre em Engenharia, professor e membro dos grupos de pesquisa AUTOMSYSTEM e LABMAX, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

### **Amauri Dias de Carvalho**

Mestre em Engenharia, professor e membro do grupo de pesquisa AUTOMSYSTEM, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

### **Marcelo Saraiva Coelho**

Mestre em Engenharia, professor e membro do grupo de pesquisa AUTOMSYSTEM, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

### **Marcos Marinovik Doro**

Doutor em Engenharia, professor e líder do grupo de pesquisa AUTOMSYSTEM, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

### **Alexandre Maniçoba de Oliveira**

Doutor, professor e líder do grupo de pesquisa LABMAX do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

### **Ulisses Galvão Romão**

Especialista, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Cubatão (IFSP Cubatão), SP, Brasil.

**RESUMO:** As informações utilizadas para a tomada de decisão por sistemas microcontrolados podem estar contaminadas por ruído e imprecisões. A lógica paraconsistente aplicada por anotação de dois valores (LPA2v), da categoria de lógicas não clássicas, permite o processamento de sinais com valores contraditórios. Neste trabalho apresenta-se algoritmos desenvolvidos em SCILAB para suportar estudos de

aplicações com a LPA2v, bem como os resultados de um estudo de caso de utilização de um nó de análise paraconsistente (NAP) na apresentação de um indicador único de qualidade do canal recebida decodificador de TV digital, padrão brasileiro (ISDB-TB), a partir duas variáveis contraditórias: a intensidade de sinal (RSSI) e a qualidade baseada na taxa de bits errados (BER) no demodulador do receptor.

**Palavras-chave:** LPA2v. NAP. Indicador de Qualidade de Enlace. ISDB-TB.

**ABSTRACT:** The information used by microcontrollers for decision making may be contaminated by noise and inaccuracies. The paraconsistent applied logic by two-valued annotation (PAL2v), from the category of non-classical logic, allows the processing of signals with contradictory values. In this work we present algorithms developed in SCILAB to support the study of applications with LPA2v, as well as the results of a case study of the use of a paraconsistent analysis node (NAP) to present a single channel quality indicator for the signal received by a digital TV decoder, Brazilian standard (ISDB-TB), from two contradictory variables: signal strength (RSSI) and quality based on the bit error rate (BER) on the receiver demodulator.

**Keywords:** PAL2v. PAN. Link Quality Indicator. ISDB-TB.

## INTRODUÇÃO

Em diversas áreas do conhecimento humano, as informações coletadas para a tomada de decisão por sistemas especialistas podem ser contraditórias, imprecisas, incertas ou contaminadas por ruído [1]. De maneira geral as Lógicas Paraconsistentes (LP) apresentam como principal característica a consideração da contradição em seus fundamentos, sem que o peso dos conflitos gerados por dados contraditórios possa invalidar as conclusões de suas análises (sem trivialização) [2]. Assim sendo, a LP pertence ao grupo de lógicas que se opõem as leis binárias da lógica clássica, com destaque para a revogação do princípio da não contradição [3]. Devido a essa característica fundamental e

a sua aplicação em engenharia, principalmente na forma da Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de 2 Valores (LPA2v), algoritmos capazes de resolver situações complexas e com tempo de computação eficaz no processo de análise podem ser desenvolvidos [4]. Este artigo apresenta um algoritmo desenvolvido em código aberto SCILAB para permitir estudos da LPA2v pela comunidade acadêmica, bem como uma aplicação prática, com estudo de caso de aplicação dos conceitos da LPA2v de modo a formular um único Indicador de Qualidade de Canal (IQC<sub>LPA2v</sub>) [15], a partir de informações contraditórias de medições fornecidas por um decodificador comercial de TV Digital, utilizando um Nó de Análise Paraconsistente (NAP).

## REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção será apresentada uma revisão da LPA2v e seus desmembramentos. Para o estudo de caso, também são apresentadas as diferentes métricas de qualidade de enlaces de rádio, como os utilizados por decodificadores de TV Digital.

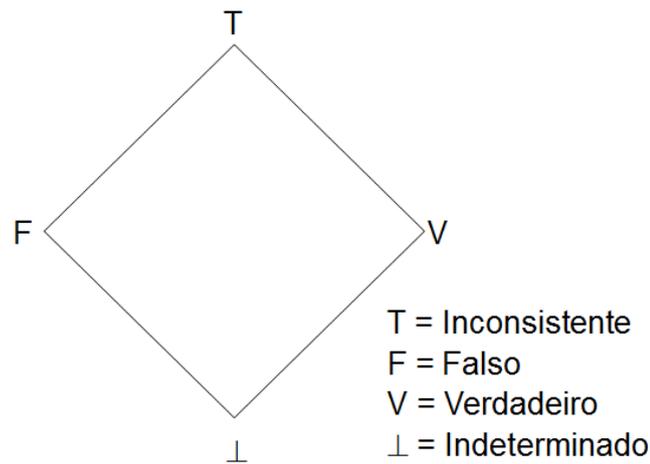
### A. LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE 2 VALORES

O nome Lógica Paraconsistente (LP) foi formulado pelo filósofo peruano Francisco Miró Quesada, em substituição ao termo utilizado até então de Teoria dos Sistemas Formais Inconsistentes [5]. Os trabalhos do brasileiro Newton C. A. da Costa (1921 - ), à partir da década de 1950, forneceram tanto um tratamento matemático quanto filosófico a sistemas lógicos envolvendo contradições. Segundo Da Costa et al. (1999), a LP trabalha com situações onde ambos uma sentença e sua negação podem ser verdadeiras [6]. Além dos estados lógicos binários verdadeiro e falso da lógica clássica, uma proposição pode ter outros estados, como: inconsistente (T) e indeterminado ( $\perp$ ) [7].

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) pertence a família de Lógicas Paraconsistentes e que pode ser denotada através de um reticulado finito de Hasse de quatro vértices, chamado de reticulado de valores-verdade, representando os estados lógicos extremos dados a uma proposição ( $P$ ), conforme Figura 1. Uma proposição  $P$  é acompanhada com valores, ou anotação, correspondentes à fórmula proposicional, que pode ser composta de graus de evidência ( $\mu$ ) e pertencente a um reticulado finito  $\tau$ .

**Figura 1 - Reticulado Finito de Hasse da LPA**

Fonte: DA SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES (2008, p.13) [7].



O grau de evidencia é uma constante do reticulado e, portanto, cada grau de evidencia atribuído à proposição está contido no conjunto de valores composto pelas constantes anotacionais do reticulado  $\{T, V, F, \perp\}$  [8].

Através de um operador matemático cada anotação está relacionada à um único estado lógico relacionado com a proposição  $P$  e representado em um dos quatros vértices do reticulado, a saber:  $T=$  Inconsistente,  $V=$  Verdadeiro,  $F=$  Falso e  $\perp=$  Indeterminado. [7]

As proposições são acompanhadas de anotações que por sua vez atribuem o grau de evidencia correspondente a cada variável proposicional.

Na LPA considera-se ainda um operador  $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$  que, intuitivamente, possui o “significado” da negação [7]. O operador  $\sim$  neste caso define-se como:

$$\sim (1) = 0, \sim (0) = 1, \sim (T) = T \text{ e } \sim (\perp) = \perp$$

Quando se utiliza um reticulado no plano real formado por dois valores simbólicos  $(\mu, \lambda)$  para a anotação dos graus de evidência, a lógica é chamada de Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de 2 valores (LPA2v). Os valores dos graus de evidencia favorável  $\mu$  e evidencia desfavorável  $\lambda$  são completamente independentes. A anotação de dois valores no reticulado  $\tau$  será então:

$$\tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}\}$$

O operador “ $\sim$ ” é agora definido como [9]:

$$\sim(\mu, \lambda) = (\lambda, \mu), \text{ onde } \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}$$

A proposição  $P$  é suportada pelo grau de evidência favorável ( $\mu$ ) e o elemento ( $\lambda$ ) representa o grau em que a evidência desfavorável nega ou rejeita a proposição  $P$ . Da LPA deduz-se que:

$P_V = P_{(1,0)}$  → indica a evidência favorável total e evidência desfavorável nula, assinalando uma conotação lógica de *Verdade* à proposição  $P$ .

$P_F = P_{(0,1)}$  → indica a evidência favorável nula e evidência desfavorável total, assinalando uma conotação lógica de *Falsidade* à proposição  $P$ .

$P_T = P_{(1,1)}$  → indica ambos máximos, evidência favorável e desfavorável, atribuindo uma conotação lógica de *Inconsistência* à proposição  $P$ .

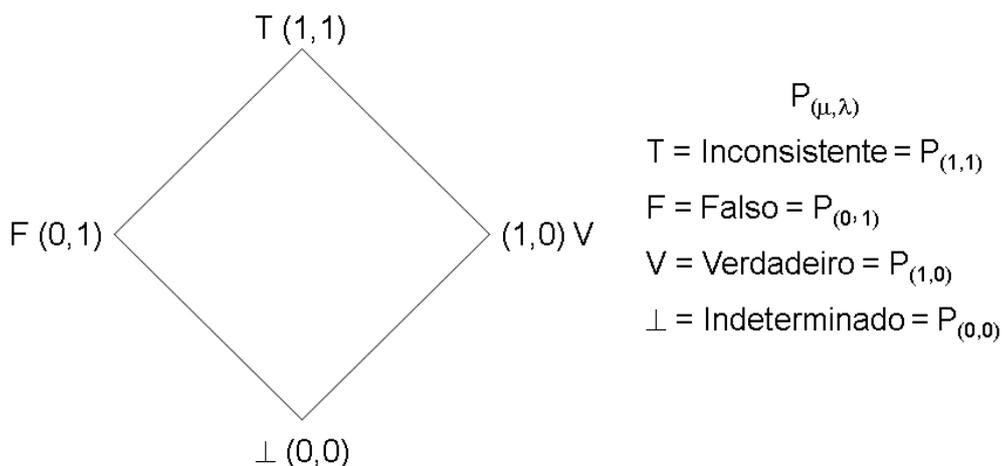
$P_{\perp} = P_{(0,0)}$  → indica a ambos nulos, evidência favorável e desfavorável, atribuindo uma conotação lógica de *Indeterminação* à proposição  $P$ .

A coleta de valores para  $\mu$  e  $\lambda$  objetivam solucionar um problema de sinais contraditórios, onde por meio de análises é possível alterar o comportamento de um sistema a fim de se diminuir a “intensidade” das contradições [8].

A Figura 2 apresenta um reticulado de Hasse associado à LPA2v, onde a anotação correspondente, composta de dois valores, é indicada nos seus vértices.

**Figura 2 - Reticulado representativo da LPA2v**

Fonte: DA SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES (2008, p.13) [7].



Através de transformações lineares em um Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (QUPC) e o reticulado associado à LPA é possível se chegar a seguinte transformação [7]:

$$T(X, Y) = (x - y, x + y - 1) \tag{1}$$

Substituindo-se  $x$  por  $\mu$  e  $y$  por  $\lambda$  de modo a utilizar a nomenclatura usualmente adotada da LPA2v, o primeiro termo do par ordenado da equação de transformação  $T(X,Y)$  é denominado Grau de Certeza ( $G_C$ ). Assim sendo:

$$G_C = \mu - \lambda \quad (2)$$

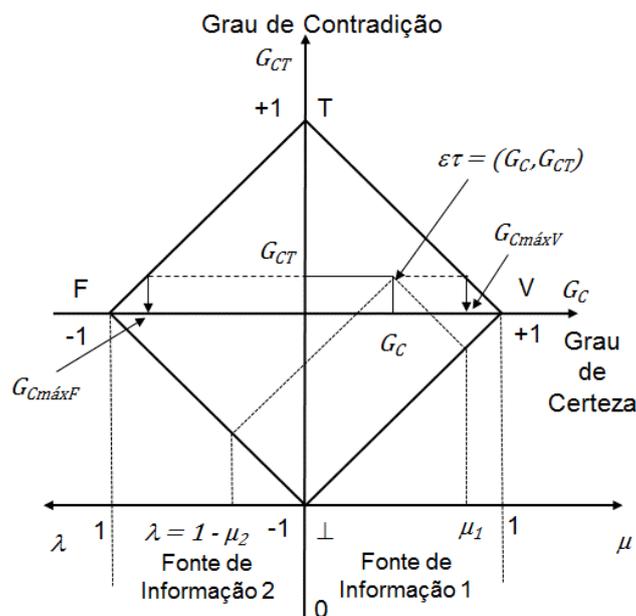
Os valores de  $G_C$  pertencem ao conjunto  $\mathfrak{R}$  e variam no intervalo fechado  $[+1,-1]$ , sendo aplicados no eixo horizontal do reticulado da LPA2v, denominado de “Eixo dos Graus de Certeza”.

O segundo termo do par ordenado da equação de transformação  $T(X,Y)$ , é denominado de Grau de Contradição ( $G_{CT}$ ). Assim sendo:

$$G_{CT} = \mu + \lambda - 1 \quad (3)$$

Os valores de  $G_{CT}$  também pertencem ao conjunto  $\mathfrak{R}$  e variam no intervalo fechado  $[+1,-1]$ , sendo aplicados no eixo vertical do reticulado da LPA2v, denominado de “Eixo dos Graus de Contradição”. A Figura 3 apresenta um reticulado representativo da LPA2v, com a anotação dos valores de  $\mu$  e  $\lambda$ , bem como  $G_C$  e  $G_{CT}$  e a saída formada pela coordenada  $\varepsilon\tau(G_C, G_{CT})$ .

**Figura 3 - Reticulado da LPA2v com valores de  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $G_C$ ,  $G_{CT}$ ,  $G_{CmáxF}$ ,  $G_{CmáxV}$  e  $\varepsilon\tau(G_C, G_{CT})$ .**  
 Fonte: DA SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES (2008, p.45) [7].



Um sistema decisório capaz de analisar dados, cuja fonte seja de conhecimento incerto, poderá ser mais robusto se, após concluída a análise, apresentar um resultado final cujos efeitos das incertezas foram filtrados, representando assim o valor da certeza puro, chamado de Grau de Certeza Real ( $G_{CR}$ ), que representa o  $G_C$  livre dos efeitos da contradição e inconsistências das informações, e pode ser calculado a partir da Figura 4, de acordo com as equações (4) a (7) [7].

$$D = \sqrt{(1-|G_C|)^2 + G_{CT}^2} \quad (4)$$

Para  $G_C > 0$ :

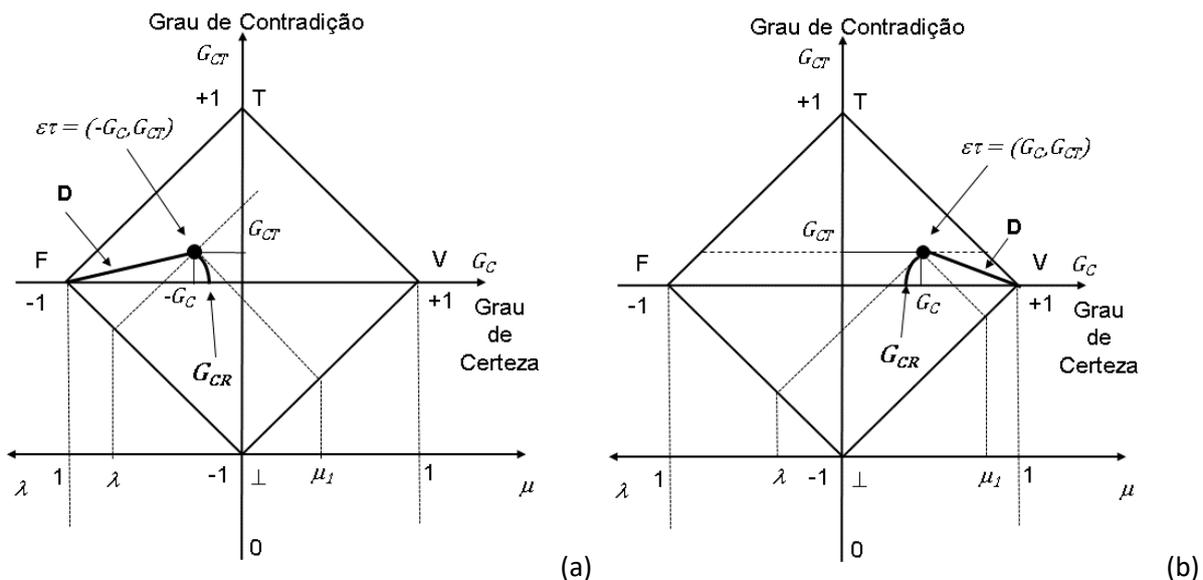
$$G_{CR} = (1 - D) \quad \text{ou} \quad G_{CR} = 1 - \sqrt{(1-|G_C|)^2 + G_{CT}^2} \quad (5)$$

Para  $G_C < 0$ :

$$G_{CR} = (D - 1) \quad \text{ou} \quad G_{CR} = \sqrt{(1-|G_C|)^2 + G_{CT}^2} - 1 \quad (6)$$

$$\varphi = (1 - |G_{CT}|) \quad (7)$$

**Figura 4 - Ponto de Interpolação  $\varepsilon\tau(G_C, G_{CT})$ ,  $D$  e  $G_{CR}$ , para  $G_C < 0$  (a) e  $G_C > 0$  (b)**  
 Fonte: DA SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES (2008, p.56) [7].



A Distância  $D$  é o segmento de reta que conecta o ponto  $\varepsilon\tau(G_C, G_{CT})$  ao máximo de Grau de Certeza  $V$  ( $G_C > 0$ ), ou o ponto máximo de Grau de Certeza  $F$  ( $G_C < 0$ ).

O sinal de saída de um sistema paraconsistente de tratamento de incertezas fornecerá o resultado de Grau de Certeza Resultante Real ( $G_{CR}$ ) representado pelos valores ( $G_{CR}, \varphi_{(\pm)}$ ) [10]. O Grau de Certeza Real ( $G_{CR}$ ) pode ser obtido pelas equações (5) ou (6) e o intervalo de certeza ( $\varphi$ ), com equação (7). Se  $G_{CT}$  tender a inconsistente,  $\varphi$  é assinalado como "+"; já se  $G_{CT}$  tender a indeterminado,  $\varphi$  é assinalado como "-". Importante notar que, para  $D$  maior ou igual a 1, o Grau de Certeza Real será nulo [7]!

A análise paraconsistente gera valores de  $G_C$  e  $G_{CT}$  entre [+1,-1]. Para garantir consistência com as entradas ( $\mu, \lambda$ ), pode ser necessário que  $G_C$  e  $G_{CT}$  sejam normalizados e seus valores limitados a [0,1]. Assim, o grau de evidência resultante ( $\mu_E$ ) é a saída normalizada de  $G_C$  (8) enquanto que o grau de contradição resultante, ( $\mu_{eCTR}$ ) a saída normalizada de  $G_{CT}$  (9).

$$\mu_E = \frac{G_C + 1}{2} \quad (8)$$

$$\mu_{eCTR} = \frac{G_{CT} + 1}{2} \quad (9)$$

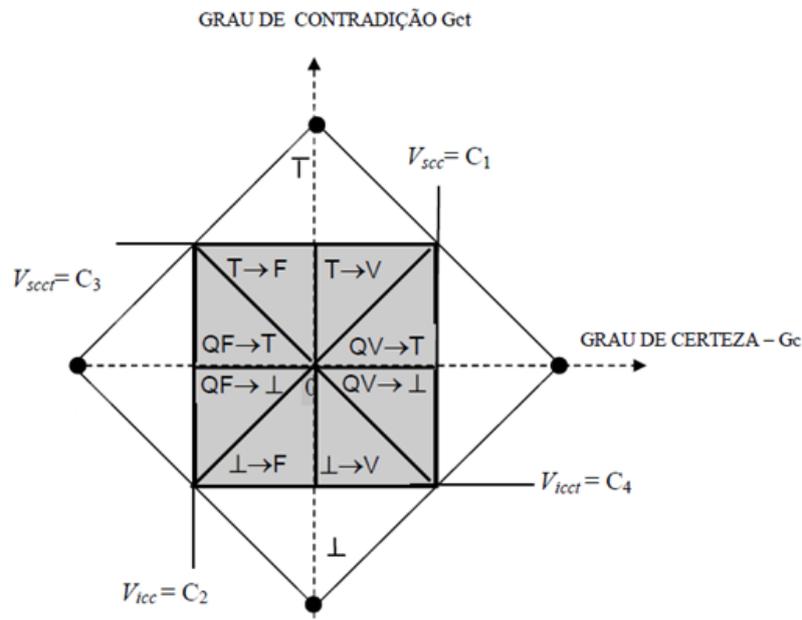
$G_{CR}$  também apresenta valores entre [+1,-1], e também pode precisar ser normalizado, com seus valores limitados a [0,1]. Assim sendo, o grau de evidência resultante real ( $\mu_{ER}$ ) é a saída normalizada de  $G_{CR}$  (10). O intervalo de evidência resultante ( $\varphi_E$ ) é o valor normalizado do intervalo de certeza, conforme (11). No caso de  $D$  ser maior ou igual a 1, o Grau de Evidência Resultante Real ( $\mu_{ER}$ ) nessa condição será de 0,5.

$$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2} \quad (10)$$

$$\varphi_E = 1 - |2\mu_{eCTR} - 1| \quad (11)$$

O reticulado da LPA2v pode ser subdividido em diversas partes, que representarão estados lógicos paraconsistentes. Um exemplo é o conforme a figura 5, onde o reticulado é dividido em 12 partes, conforme proposto por [11].

**Figura 5 – Reticulado LPA2v dividido em 12 estados lógicos paraconsistentes.**  
 Fonte (a): FERNANDES, 2012, p. 27 [12].



Os estados lógicos paraconsistentes são:

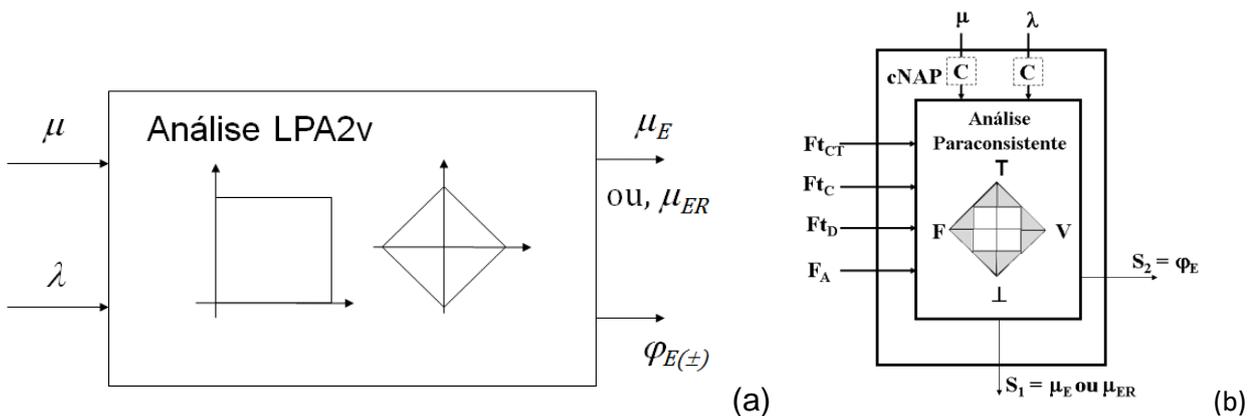
- V ⇒ Verdadeiro
- F ⇒ Falso
- T ⇒ Inconsistente
- ⊥ ⇒ Indeterminado
- ⊥ → F ⇒ Indeterminado tendendo ao Falso
- ⊥ → V ⇒ Indeterminado tendendo ao Verdadeiro
- T → F ⇒ Inconsistente tendendo ao Falso
- T → V ⇒ Inconsistente tendendo ao Verdadeiro
- QV → T ⇒ Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente
- QF → T ⇒ Quase-falso tendendo ao Inconsistente
- QF → ⊥ ⇒ Quase-falso tendendo ao Indeterminado
- QV → ⊥ ⇒ Quase-verdadeiro tendendo ao Indeterminado

As linhas delimitadas pelos limites superior ( $V_{scc}$ ) e inferior ( $V_{icc}$ ) do controle da certeza e superior ( $V_{scc}$ ) e inferior ( $V_{icct}$ ) do controle da contradição alteram as áreas de cada estado lógico paraconsistente dentro do reticulado.

O conjunto de equações matemáticas da Lógica Paraconsistente Anotada e suas interpretações podem formar um algoritmo chamado de Nó de Análise Paraconsistente (NAP) [10], representado pela figura 6a. O NAP é o núcleo básico de uma célula neural artificial paraconsistente (CNAP), cujo símbolo é apresentado na figura 6b e que pode ser utilizado em diferentes configurações de redes de análise para tratamento de sinais e composição de sistemas especialistas [17] [18].

**Figura 6 - Representação do Algoritmo LPA2v (a) e símbolo da CNAP (b).**

Fonte: DA SILVA FILHO, ABE, LAMBERT-TORRES (2008, p.64).



## B. INDICADORES DE QUALIDADE DE ENLACE DE RÁDIO

Existem diversas métricas para se avaliar a qualidade de um enlace de rádio, que podem variar conforme a tecnologia utilizada em sua modulação e codificação. Diversas técnicas para estimar a qualidade de um canal de rádio são reportadas na literatura e podem ser baseadas em *hardware* ou *software* [13].

Em sistemas analógicos existe a potência total recebida (*Received Signal Strength Indication – RSSI*) limitada na banda do espectro do canal sintonizado e a Relação Sinal-Ruído (*Signal to Noise Ratio – SNR*). Ambos são medidos diretamente da eletrônica utilizada no processo de demodulação do sinal recebido [13]. O RSSI é altamente influenciado por The RSSI é influenciado por interferência, desvanecimento de multipercurso, erros do hardware, temperatura e umidade [14]. Em sistemas digitais, a potência pode ser medida em nível de bit, sendo o equivalente ao RSSI, para determinados fluxos de bits, geralmente no início do bloco ou quadro (*frame*) de dados, enquanto que a energia por bit dividida pela densidade espectral de ruído ( $E_b/N_t$ ) é o equivalente ao SNR para modulações de sinais digitais, muitas vezes chamado de Indicador de Qualidade do

Enlace (*Link Quality Indicator – LQI*). Através de software, outros indicadores podem ser formulados, tais como taxa de erro de bit (*Bit Error Rate - BER*), taxa de erro de quadro (*Frame Error Rate – FER*), taxa de pacotes enviados com sucesso (*Packet Sent Success Rate – PSSR*) ou variações destes indicadores, com a vantagem de apresentar melhor correlação com a confiabilidade de um enlace de transmissão, melhor do que qualquer outra métrica de qualidade de hardware [14].

As métricas de intensidade e qualidade do canal de sistemas sem fio podem guardar contradições entre si. Um valor de RSSI forte pode não significar que o enlace tenha confiabilidade. Da mesma forma, um valor alto de Qualidade, mas com RSSI fraco, pode significar que o enlace não tenha margem de segurança e possa rapidamente degradar caso ocorram variações bruscas da potência recebida [15]. Os seguintes cenários contraditórios são possíveis [16].

- a) Sinal fraco na presença de ruído apresentará indicação de baixa potência (RSSI) e baixa qualidade (LQI);
- b) Sinal fraco e total ausência de ruído apresentará indicação de baixa potência e alta qualidade;
- c) Sinal forte sem muito ruído apresentará indicação de alta potência e alta qualidade;
- d) Sinal muito forte na presença de ruído poderá apresentar indicação de alta potência e baixa qualidade;
- e) Ruído forte pode apresentar alta potência e baixa qualidade do sinal.

As duas métricas podem ser utilizadas de forma combinada para melhor expressar a qualidade de um enlace de rádio [14].

## MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos na elaboração dos algoritmos de LPA2v para estudos da lógica em geral e do estudo de caso do Indicador de Qualidade do Canal de TV ( $IQC_{LPA2v}$ ).

Baseado nas equações e interpretações da LPA2v, um algoritmo é elaborado em software de matemática de código aberto (*open source*) SCILAB, versão 6.0.2. Além de apresentar os valores de saída de  $G_C$ ,  $G_{CT}$ ,  $G_{CR}$ ,  $\mu_e$  (MIE),  $\mu_{er}$  (MIER) e  $\mu_{ect}$  (MIECT), o algoritmo também informa qual é um dos 12 estados lógicos paraconsistentes, baseado na posição de  $\varepsilon(G_C, G_{CT})$  no reticulado de lattice. A área ocupada por cada um dos 12 estados

no diagrama pode ser alterada através dos valores de entrada do controle de certeza e de contradição.

Um segundo algoritmo em SCILAB é desenvolvido de modo a calcular a partir dos valores de entrada da Intensidade e da Qualidade Recebidos do canal sintonizado de TV Digital, para formular um único Indicador de Qualidade do Canal baseado em Nó de Análise Paraconsistente, chamado de  $IQC_{LPA2v}$ .

Para as medições, um decodificador de TV Digital modelo TopTiva PVR-1002 é utilizado. O levantamento de campo (*survey*) foi realizado em uma instalação residencial padrão, na cidade de Santos, conectado por um cabo RG-59 com 15m de comprimento a uma antena dipolo amplificada Tomato modelo MTA-703 de até 23dBi de ganho, posicionada a 7m de altura do solo.

A figura 7 a seguir apresenta a estratégia de elaboração do  $IQC_{LPA2v}$ . Ele é baseado no Estimador de Qualidade de Enlace apresentado em [15]. A classificação dos níveis do  $IQC_{LPA2v}$  é conforme a tabela 1 [15]. O bloco Normalizador converte a faixa de valores da métrica utilizada em intervalo [0,1] a ser utilizado pela LPA2v. No caso, como o *firmware* do decodificador utilizado já fornece na tela do receptor de TV a informação em porcentagem, os valores de  $\mu$  e  $\lambda$  podem ser obtidos facilmente através da divisão por 100. Caso a métrica seja obtida em outra escala, por exemplo, os valores de intensidade do canal, medidos em RSSI entre -20 e -100 dBm, uma conversão possível é dada pela equação (12) a seguir.

$$\mu = \frac{-20 - (P_{med})}{-20 - (-100)} \quad (12)$$

Figura 7 – Diagrama de Blocos do  $IQC_{LPA2v}$ .

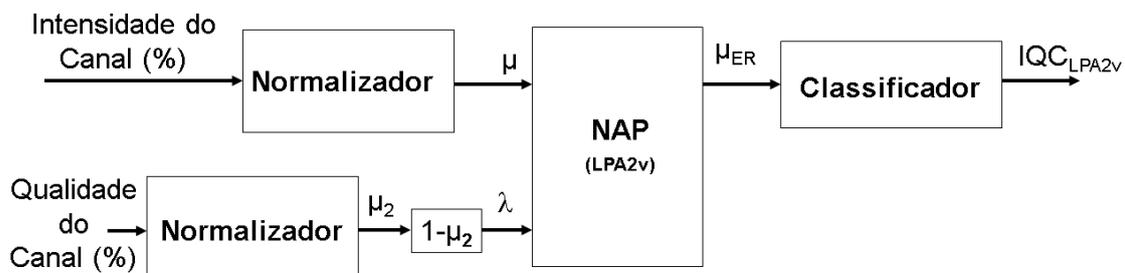
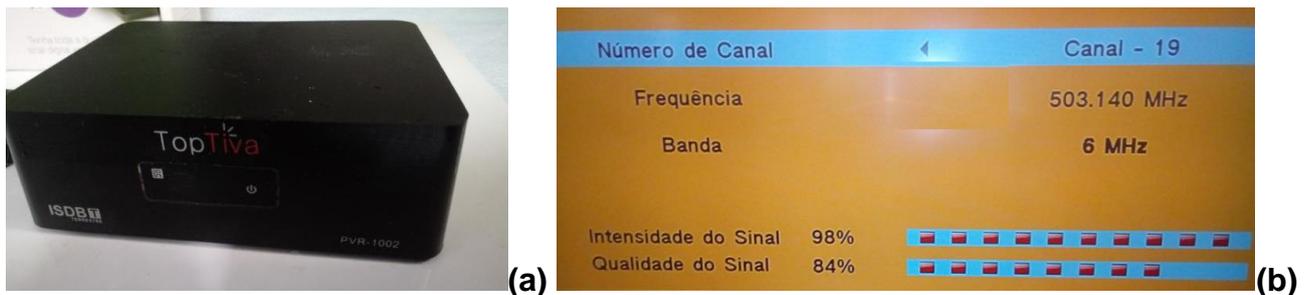


Tabela 1 - Classificação IQC<sub>LPA2v</sub> do canal de TV Digital recebido em função do  $\mu_{ER}$ .

$G_{CR}$	Grau de Ev. Res. Real ( $\mu_{ER}$ )	EQE-LPA
$> 0,8$	$> 0,9$	<b>EXCELENTE</b>
$0,4 < G_{CR} \leq 0,8$	$0,7 < \mu_{ER} \leq 0,9$	<b>BOM</b>
$0,0 < G_{CR} \leq 0,4$	$0,5 < \mu_{ER} \leq 0,7$	<b>RAZOÁVEL</b>
$-0,4 < G_{CR} \leq 0,0$	$0,3 < \mu_{ER} \leq 0,5$	<b>POBRE</b>
$-0,8 < G_{CR} \leq 0,4$	$0,1 < \mu_{ER} \leq 0,3$	<b>PÉSSIMO</b>
$\leq -0,8$	$\leq 0,1$	<b>SEM SINAL</b>

A figura 8a apresenta uma foto do decodificador de TV Digital utilizado, enquanto que a figura 8b apresenta um exemplo de canal de TV recebido com os indicadores apresentados na tela do televisor.

Figura 8 – Decodificador de TV Digital TopTiva (a) e Menu de Canal Sintonizado (b)



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao iniciar o algoritmo da LPA2v em SCILAB, o mesmo solicita que o usuário informe os valores dos graus de evidência favorável ( $\mu$ ) e desfavorável ( $\lambda$ ), além dos valores do controle de certeza e contradição. Todos entre os limites  $[0,1]$  da lógica. O programa executa os cálculos baseados na LPA2v, limpa a tela e apresenta os resultados na janela principal, conforme a figura 9, apresentando ao final em qual região do reticulado de lattice o valor de  $\mu_{ER}$  resultou.

Figura 9 – Resultados do Algoritmo de LPA2v na Janela Principal do SCILAB

```
Scilab 6.0.0 Console
*** LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE 2 VALORES

                                LPA2v

Grau de Evidência Favorável (Mi) =    0.80
Grau de Evidência Desfavorável (Lambda)    0.40

Grau de Certeza (GC) =    0.40
Grau de Contradição (GCT) =    0.20

Grau de Evidência Resultante (MIE) =    0.70
Grau de Evidência Resultante Real (MIER) =    0.68
Grau de Contradição Resultante (MIEct) =    0.60

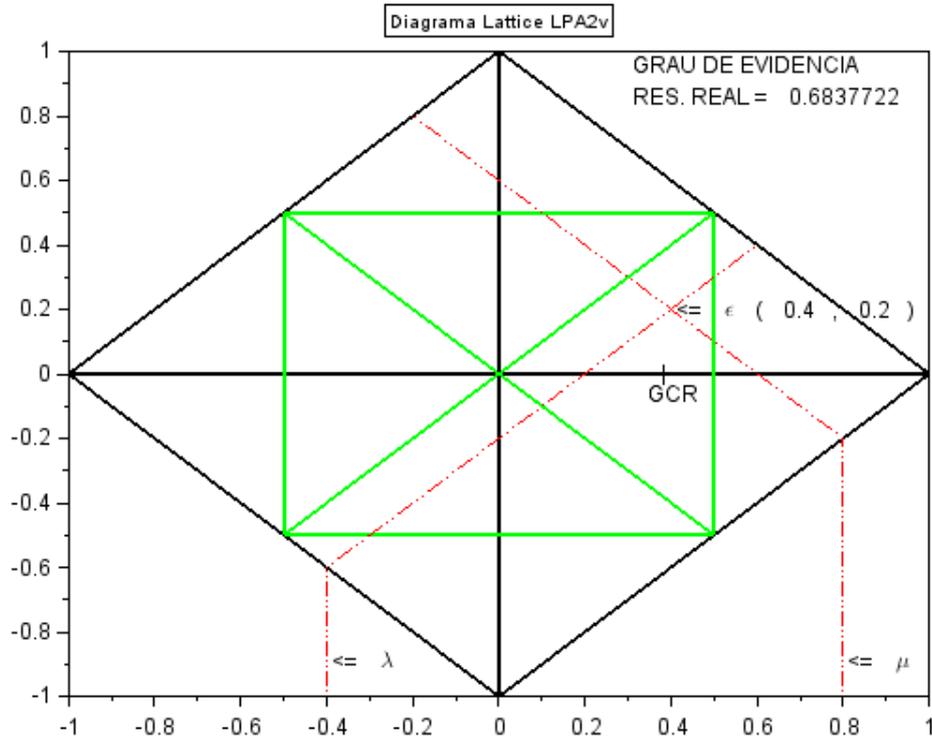
Estado lógico Paraconsistente é:
Verdadeiro (V)

Deseja realizar novo estudo (S/N) ?
```

Ao final dos cálculos o programa abre uma janela de figura e apresenta os resultados em forma gráfica, como apresentado na figura 10. O programa ainda consulta se o usuário deseja realizar uma nova análise ou encerrar o programa.

O código do programa LAP2v elaborado em SCILAB está disponível na sequência.

Figura 10 – Reticulado LPA2v gerado pelo algoritmo no SCILAB



### Código do Programa LPA2v para SCILAB

```
// Algoritmo de Lógica Paraconsistente
// Estado Lógico Paraconsistente
// Diagrama de Lattice LPA2v
// Grupo de Pesquisa AUTOMSYSTEM IFSP Cubatão
// Abril, 2019.
resp='s'
while resp=='s' || resp=='S'
clear
clc
disp "**** LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE 2 VALORES"
disp "          LPA2v"
disp ""
Mi = input("Informe o Grau de Evidência Favorável (entre 0.00 e 1.00): ")
disp ""
Lbda=input("Informe o Grau de Evidência Desfavorável (entre 0.00 e 1.00): ")
disp ""
Lcc=input("Informe o Controle de Certeza ({0,1} Valor default = 0.5)")
disp ""
Lcct=input("Informe o Controle de Contradição ({0,1} Valor default = 0.5)")
clc
disp "**** LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE 2 VALORES"
disp ""
disp "          LPA2v"
disp ""
```



```

disp(S1)
//getf(LPA2v_Lattice_scilab.sce)
//-----
// MONTA GRÁFICO
// -----
// desenha o reticulado
clf
gce().font_size = 2;
plot([-1 0],[0 1], 'k','LineWidth',2)
plot([0 1], [1 0], 'k','LineWidth',2)
plot([1 0], [0 -1], 'k','LineWidth',2)
plot([0 -1],[-1 0], 'k','LineWidth',2)
plot([-1 1],[0 0], 'k','LineWidth',2)
plot([0 0], [-1 1], 'k','LineWidth',2)
// Desenha Controles de Certeza e de Contradição
plot([Lcc,Lcc],[(1-Lcc),(-1+Lcc)], 'g','LineWidth',2)
plot([-Lcc,-Lcc],[(1-Lcc),(-1+Lcc)], 'g','LineWidth',2)
plot([-Lcc,Lcc], [(1-Lcc),(1-Lcc)], 'g','LineWidth',2)
plot([-Lcc,Lcc],[(-1+Lcc),(-1+Lcc)], 'g','LineWidth',2)
plot([-Lcc,Lcc],[(-1+Lcc),(1-Lcc)], 'g','LineWidth',2)
plot([-Lcc,Lcc],[(1-Lcc),(-1+Lcc)], 'g','LineWidth',2)
//%%%%%%%%%%%%%% inserindo valores no reticulado%%%%%%%%%%%%%%
//-----
// Valores relacionados a Lambda
// Monta a reta vertical para o valor de Lambda até encostar no reticulado//% line([Lambda
Lambda],[ -1.1 (-1-Lambda)], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
plot([-Lbda -Lbda],[ -1 (-1+Lbda)], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
// monta a reta diagonal dentro do reticulado
plot([-Lbda (1-Lbda)], [(-1+Lbda) Lbda], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
// Valores relacionados a Mi
// monta a reta vertical para o valor de Mi até encostar no reticulado
plot([Mi Mi],[ -1 (-1+Mi)], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
// monta a reta diagonal dentro do reticulado
plot([Mi (-1+Mi)], [(-1+Mi) Mi], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
// monta a reta diagonal dentro do reticulado
plot([Mi (-1+Mi)], [(-1+Mi) Mi], 'Color','r','LineWidth',1,'LineStyle',':');
//-----
// exibe valores
xstring(Mi,-0.95,['<=','\mu$'])
xstring(-Lbda,-0.95,['<=','\lambda$'])
xstring(GC, (GCT-0.06),['<=','\epsilon$'],'(, string(GC),',', string(GCT),")")
xstring(0.3,0.9,"GRAU DE EVIDENCIA ")
xstring(0.3,0.8,["RES. REAL = ",string(MIER)])
xstring(GCR,-0.06,"|")
xstring((GCR-0.03),-0.12,"GCR")
xtitle( 'Diagrama Lattice LPA2v', boxed = %t)
disp(' ')
resp=input('Deseja realizar novo estudo (S/N) ?','s')
R=isempty(resp)
if R==1 || resp<>"s" then resp = 'N'
  else resp='S'
  end

```

```
disp(' ');
disp('ATÉ BREVE!');
end;
```

### **Estudo de Caso: Indicador de Qualidade do Canal para TV Digital**

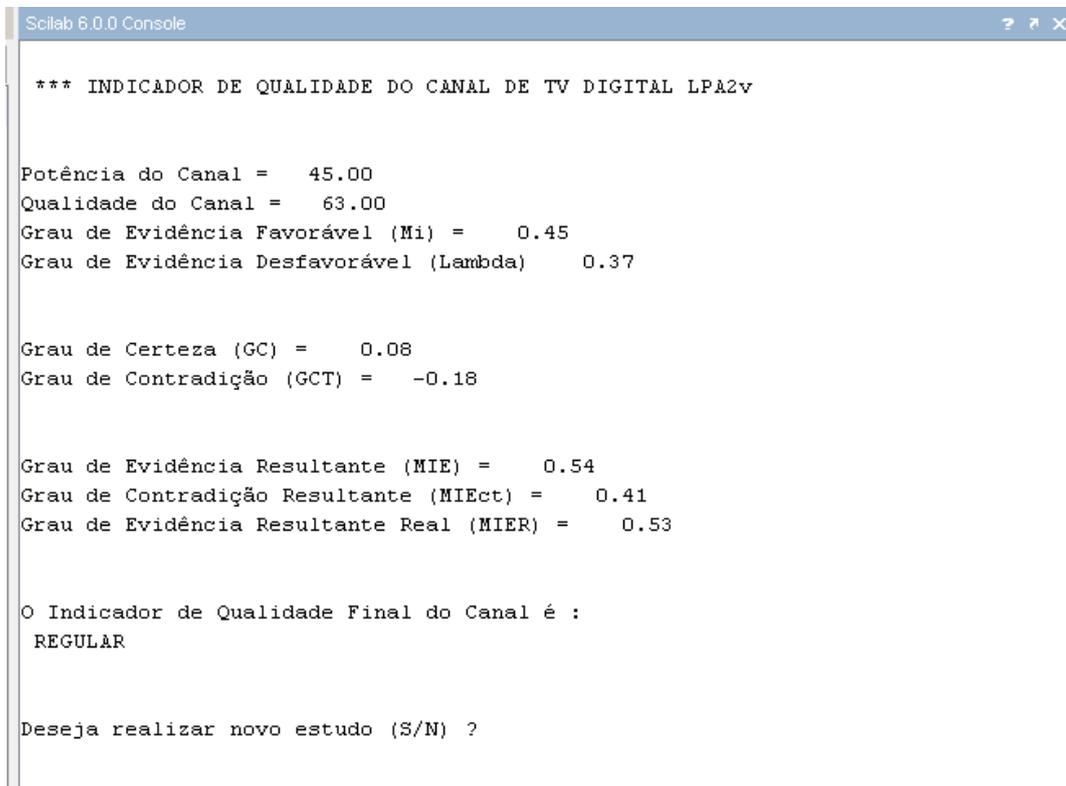
A tabela 2 apresenta os valores medidos para diferentes canais de TV Digital, de acordo com o levantamento (survey) realizado. A mesma tabela apresenta os valores equivalentes de  $\mu$  e  $\lambda$ , e os resultados apresentados na saída do programa de ICQ<sub>LPA2V</sub> elaborado em SCILAB. Pode se observar que alguns canais apresentam contradições nas leituras. Por exemplo a medição 2 apresenta um valor de intensidade de sinal débil (5%) e alguma qualidade de demodulação (41%). Outro exemplo é a medição 8, que apresenta uma intensidade de sinal de 49%, porém uma qualidade de 83%. Nesse caso, apesar de o equipamento liberar o canal para funcionar, uma pequena variação do valor da intensidade pode degradar rapidamente a qualidade do canal recebido, provocando falhas na recepção que possam incomodar o usuário. Se apenas a qualidade do canal recebido fosse utilizada, o equipamento poderia indicar o canal como BOM ou EXCELENTE. O indicador único ICQ<sub>LPA2V</sub> apresenta o mesmo apenas como RAZOÁVEL. A figura 11 apresenta a janela principal do programa com a exibição dos resultados dos cálculos da LPA2v e o status do canal. Além disso o programa consulta o usuário se deseja realizar uma nova análise. O código do programa ICQ<sub>LPA2V</sub> elaborado em SCILAB está disponível na sequência.

**Tabela 2 – Levantamento de Medidas de Recepção de Canais de TV Digital e ICQ<sub>LPA2V</sub>.**

Medição	Canal (MHz)	Intensidade Sinal (%)	Qualidade Sinal (%)	$\mu$	$\lambda$	$\mu_{ER}$	ICQ <sub>LPA2V</sub>
1	503,14	98,0	84,0	0,98	0,16	0,89	BOM
2	515,14	5,0	41,0	0,05	0,59	0,29	PÉSSIMO
3	527,14	46,0	65,0	0,46	0,35	0,54	RAZOÁVEL
4	527,14	45,0	63,0	0,45	0,37	0,53	RAZOÁVEL
5	539,14	14,0	22,0	0,14	0,78	0,18	PÉSSIMO
6	539,14	15,0	22,0	0,15	0,78	0,19	PÉSSIMO
7	551,14	96,0	80,0	0,96	0,2	0,86	BOM
8	575,14	49,0	83,0	0,49	0,17	0,62	RAZOÁVEL
9	587,14	96,0	90,0	0,96	0,1	0,92	EXCELENTE
10	623,14	46,0	71,0	0,46	0,29	0,57	RAZOÁVEL

11	635,14	74,0	83,0	0,74	0,17	0,78	<b>BOM</b>
12	635,14	70,0	85,0	0,7	0,15	0,76	<b>BOM</b>

Figura 11 – Resultado do IQC<sub>LPA2v</sub> na janela principal do SCILAB



```

Scilab 6.0.0 Console
*** INDICADOR DE QUALIDADE DO CANAL DE TV DIGITAL LPA2v

Potência do Canal = 45.00
Qualidade do Canal = 63.00
Grau de Evidência Favorável (Mi) = 0.45
Grau de Evidência Desfavorável (Lambda) 0.37

Grau de Certeza (GC) = 0.08
Grau de Contradição (GCT) = -0.18

Grau de Evidência Resultante (MIE) = 0.54
Grau de Contradição Resultante (MIEct) = 0.41
Grau de Evidência Resultante Real (MIER) = 0.53

O Indicador de Qualidade Final do Canal é :
REGULAR

Deseja realizar novo estudo (S/N) ?
  
```

### Código do Programa IQCLPA2v para SCILAB

```

// Algoritmo de Indicador de Qualidade do Canal com LPA2v
// Grupo de Pesquisa LABMAX IFSP Cubatão
// Abril, 2019.
resp='s'
while resp=='s' || resp=='S'
clear
clc
disp "**** INDICADOR DE QUALIDADE DO CANAL DE TV DIGITAL LPA2v ****"
disp ""
PMi= input("Informe a Potência do Canal (0 e 100): ")
MI=PMi/100;
disp ""
QLbda=input("Qual o Índice de Qualidade do Canal (0 e 100): ")
LBDA=1-QLbda/100;
clc
disp "**** INDICADOR DE QUALIDADE DO CANAL DE TV DIGITAL LPA2v"
disp ""
mprintf("Potência do Canal = %7.2f \n",PMi,'por cento')
  
```

```
mprintf("Qualidade do Canal = %7.2f \n",QLbda,'por cento')
mprintf("Grau de Evidência Favorável (Mi) = %7.2f \n",MI)
mprintf("Grau de Evidência Desfavorável (Lambda) %7.2f \n",LBDA)
disp ""
GC=MI-LBDA; // Cálculo GC
mprintf("Grau de Certeza (GC) = %7.2f \n",GC);
GCT=MI+LBDA-1; // Cálculo GCT
mprintf("Grau de Contradição (GCT) = %7.2f \n",GCT);
disp ""
D=((1-abs(GC))^2+GCT^2)^0.5; // Cálculo Distância
if GC>0 then GCR=1-D;
else if GC<0 then GCR=D-1;
else GCR=0.5;
end
end
MIE=(GC+1)/2; // Calculo MIE
mprintf("Grau de Evidência Resultante (MIE) = %7.2f \n",MIE);
MIEct=(GCT+1)/2; // Cálculo MIEct
mprintf("Grau de Contradição Resultante (MIEct) = %7.2f \n",MIEct);
MIER=(GCR+1)/2; // Cálculo MIER
mprintf("Grau de Evidência Resultante Real (MIER) = %7.2f \n",MIER);
if MIER>0.9 then S1="EXCELENTE"
else if MIER>0.7 && MIER<=0.9 then S1="BOM"
else if MIER>0.5 && MIER<=0.7 then S1="RAZOÁVEL"
else if MIER>0.3 && MIER<=0.5 then S1="RUIM"
else if MIER>0.1 && MIER<=0.3 then S1="PÉSSIMO"
else S1="SEM SINAL"
end
end
end
end
end
end
disp ""
mprintf("O Indicador de Qualidade Final do Canal é :")
disp(S1)
disp("")
resp=input("Deseja realizar novo estudo (S/N) ?","s")
R=isempty(resp)
if R==1 || resp<>"s" then resp = 'N'
else resp="S"
end
disp("")
end
disp('ATÉ BREVE!');
```

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um algoritmo de LPA2v, desenvolvido em software aberto (SCILAB), com a exibição do estado lógico paraconsistente em forma de texto e gráfica,

com o objetivo de auxiliar a comunidade acadêmica no aprofundamento dos estudos da lógica paraconsistente e pesquisas de novas aplicações com a LPA2v

Em que pese que as informações de intensidade e qualidade do sinal serem relevantes para um profissional técnico durante a instalação de um decodificador de TV digital, por se tratar de um produto comercial elas podem não significar muito para o usuário final. Um NAP apenas foi suficiente para se gerar um indicador único e simples da qualidade do canal de TV Digital recebido, facilmente compreendido por qualquer pessoa, a partir de dois indicadores contraditórios apresentados no menu de um receptor comercial de TV Digital ISDB-TB. Além disso o indicador único poderia ser incorporado ao *firmware* do sistema e ser o indicador decisório para a sintonia automática de canais e decisão de canais a serem silenciados (*mute*) quando a qualidade  $ICQ_{LPA2v}$  estiver abaixo de um determinado valor (PÉSSIMO). Os resultados apresentados nesse trabalho demonstram que a LPA2v e suas derivações, como as células neurais artificiais paraconsistentes, são uma alternativa interessante em uma série de aplicações de sistemas para tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

- [1] Da Silva Filho, J. I. Analysis of Physical Systems with Paraconsistent Annotated Logic: Introducing the Paraquantum Gamma Factor  $\gamma\psi$ . Journal of Modern Physics, 2011, 2, 1455-1469. DOI:10.4236/jmp.2011.212180 Published Online December 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/jmp>).
- [2] Da Silva Filho, J. I.; Rocco, A. Power systems outage possibilities analysis by Paraconsistent Logic. Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21<sup>st</sup> Century, IEEE ISBN: 978-1-4244-1905-0, ISSN: 1932-5517pp (1-6) Pittsburgh, PA, 2008.
- [3] Da Silva Filho, J. I.; et al. Support at Decision in Electrical Systems of Subtransmission through selection of Topologies by a Paraconsistent Simulator. IEEE Latin America Transactions, Vol. 14, No. 4, April 2016
- [4] Subrahmanian, V. S. On the semantics of quantitative logic programs. Proc. 4th. IEEE Symposium on Logic Programming, Computer Society Press, Washington D.C, 1987.
- [5] Da Costa, N. C. A. A lógica da liberdade. Entrevista, Folha de S. Paulo, nov. de 1997. Disponível em [http://almanaque.folha.uol.com.br/entrevista\\_filosofia\\_newton\\_da\\_costa.htm](http://almanaque.folha.uol.com.br/entrevista_filosofia_newton_da_costa.htm). Acesso em 10 mar. 2016.

- [6] Da Costa, N. C. A.; Abe, J. M.; Murolo, A. C. *Lógica Paraconsistente Aplicada*. São Paulo: Atlas, 1999, ISBN 8524422184.
- [7] Da Silva Filho, J. I.; Abe, J. M.; Lambert-Torres, G. *Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes*. 1a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 328 p, 2008.
- [8] Da Silva filho, J. I. Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v. *Revista Seleção Documental*, n. 1, pp. 18-25, Ed. Paralogike, Brasil, 2006.
- [9] Da Costa, N. C. A.; Abe, J. M.; Subrahmanian, V. S. Remarks on annotated logic, *Zeitschrift f. math. Logik und Grundlagen d. Math.* 37, Vol. 37, pp. 561-570, 1991.
- [10] Da Silva Filho, J. I. Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, v. 4, pages 144-153, May, 2012.
- [11] Da Silva Filho, J. I. “Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores LPA2v com construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos” (PhD.Thesis, in portuguese) Tese de doutorado EPUSP, São Paulo, 1999.
- [12] Fernandes, C. L. M. *Lógica Paraconsistente Aplicada em Sistemas de Automação e Controle*. Dissertação de Mestrado, Universidade Santa Cecília, pp 109, Santos/SP, 2012.
- [13] Baccour, N.; Koubâa, A.; Youssef, H. et al. A Fuzzy Link Quality Estimator for Wireless Sensor Networks. In *Proceedings of the 7th European Conference on Wireless Sensor Networks*, pp. 240-255, 2010.
- [14] Jayasri, T.; Hemalatha, M. Link Quality Estimation using Soft Computing Technique. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 21 (1), pp. 158-168, 2014.
- [15] Carvalho Junior, A. Proposta de Estimador de Qualidade de Enlace em Redes de Sensores Industriais Sem Fio Utilizando Rede Neural Artificial Paraconsistente. 2017. 113f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Universidade Santa Cecília – UNISANTA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos – SP, 2017.
- [16] Srikanth, K., Vallikannu, A. L. and Mohan, P. An Experimental Joint Modelling of RSSI and LQI to Reduce Energy Consumption in MANETs. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 3, I. 3, 2014.
- [17] Carvalho Junior, A.; Da Silva Filho, J. I.; Mario, M. C.; et al. A Study of Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning Applied as PAL2v Filter. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 16, no. 1, pp. 202-209, jan. 2018.
- [18] Coelho, M. S.; et al. Hybrid PI controller constructed with paraconsistent annotated logic. *Control Engineering Practice*, Volume 84, 2019, Pages 112-124, ISSN 0967-0661, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.11.007>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066118306932>)

