

Controle de Sistema Dinâmico Utilizando Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E_{\tau}(LPAE_{\tau})$

José William Rodrigues Pereira¹

Orientador: Prof^o Dr. Tarcisio Fernandes Leão²

¹josewrpereira@gmail.com

²leao@ifsp.edu.br

01 de Agosto de 2018

Sumário

1 Introdução

2 Desenvolvimento

3 Metodologia

4 Resultados

5 Conclusão

6 Referências

Introdução

Lógica Paraconsistente (DA SILVA FILHO, 2006)

- Ferramenta promissora para tomada de decisão;
- Robótica, Eng. Produção, Logística, Medicina, Automação e Controle, etc.

Ideia de uso da Lógica Paraconsistente (DA SILVA FILHO; ABE, 2011)

- Conjunto de axiomas e regras de inferência;
- Objetiva representar formalmente um raciocínio válido.

Objetivo(s)

Geral

Realizar a análise e implementação da **Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} (LPAE $_{\tau}$)** em um sistema embarcado para atuar no controle dinâmico de um sistema físico.

Específicos

- Estudar a LPAE $_{\tau}$ e desenvolver um algoritmo a ser embarcado para atuar no controle de um sistema físico;
- Realizar a construção de um sistema físico para o controle de velocidade em um motor CC.

Relevância do Trabalho

- Iniciar pesquisa de aplicação da $LPAE_{\tau}$ em sistemas de controle;
- Balisar um novo caminho para trabalhos futuros, expondo pontos positivos, dificuldades iniciais e possibilidades para se trabalhar com a $LPAE_{\tau}$ em sistemas de controle.

Sistema de Controle

Definição(NISE, 2009)

”Um sistema de controle consiste em subsistemas e processos (ou plantas) construídos com o objetivo de se obter uma saída desejada com desempenho desejado para uma entrada específica fornecida.”

O paradigma

A lógica clássica como paradigma na transcrição do mundo físico.

A quebra do paradigma

Questionamento e produção de ferramental para o tratamento de contradições e incertezas.

Lógica Clássica - O paradigma

A origem (DA SILVA FILHO, 2006)

Grécia Antiga : *Tópicos* de Aristóteles 340 a.C.

Princípios da Lógica (DA SILVA FILHO, 2006)

- 1 Princípio de Identidade: $A \rightarrow A$ ou $\forall x(x = x)$;
- 2 Princípio do Terceiro Excluído: $A \vee \neg A$ ou $\forall x(Ax \vee \neg Ax)$;
- 3 Princípio da Não Contradição: $\neg(A \wedge \neg A)$ ou $\forall x\neg(Ax \wedge \neg Ax)$.

Lógica Paraconsistente - A quebra do paradigma

Criadores (KRAUSE, 2004)

- Newton Carneiro Affonso da Costa (1929-presente data)
- Stanislaw Jaskiowski (1906-1965)

Desenvolvimento: Costa, Subrahmanian e Vago (KRAUSE, 2004)

- Lógica Paraconsistente Anotada
- extensão a uma Lógica de Predicados Paraconsistente Anotada de primeira ordem

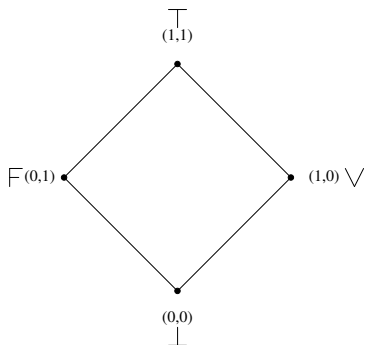
A Proposição

Para toda **proposição** P há um par de valores,
chamada de **anotação**, (μ, λ) , onde
 μ é o **grau de evidência favorável** e
 λ é o **grau de evidência desfavorável**,
representada como $P_{(\mu, \lambda)}$.

Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial τ (LPAE τ) (DA

SILVA FILHO, 2006)

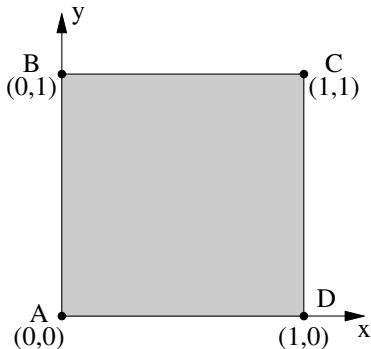
$$\tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathbb{R}\}$$



- $(0, 0) = \perp \Rightarrow$ Paracompleto;
- $(0, 1) = F \Rightarrow$ Falso;
- $(1, 1) = \top \Rightarrow$ Contradição;
- $(1, 0) = V \Rightarrow$ Verdade.

Quadrado Unitário no Plano Cartesiano

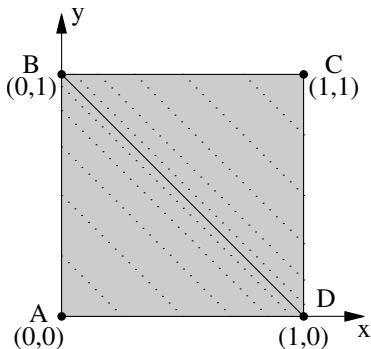
$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $A : (0, 0) = \perp \Rightarrow$ Paracompleto;
- $B : (0, 1) = F \Rightarrow$ Falso;
- $C : (1, 1) = \top \Rightarrow$ Contradição;
- $D : (1, 0) = V \Rightarrow$ Verdade.

Reta Perfeitamente Definida

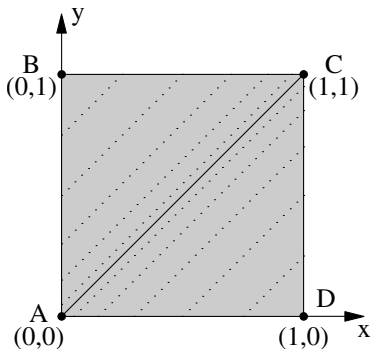
$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $\mu + \lambda = 1$
- $\mu + \lambda - 1 = 0$
- Grau de contradição
 - $G_{ct} = \mu + \lambda - 1$
 - $-1 \leq G_{ct} \leq 1$

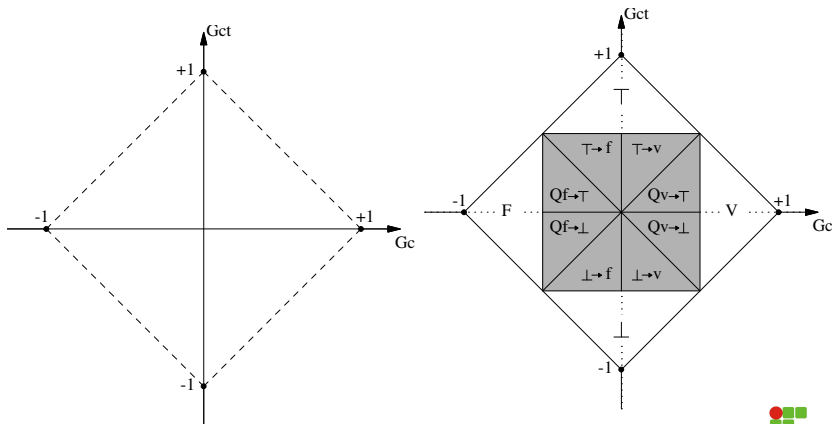
Reta Perfeitamente Indefinida

$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $\mu - \lambda = 0$
- Grau de certeza
 - $G_c = \mu - \lambda$
 - $-1 \leq G_c \leq 1$

Representação do Reticulado da $LPAE_T$ subdividido em 12 regiões



A proposição e a anotação

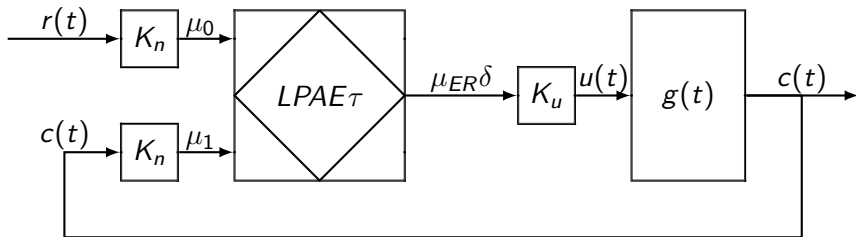
A proposição

P : A velocidade de rotação é máxima.

A anotação

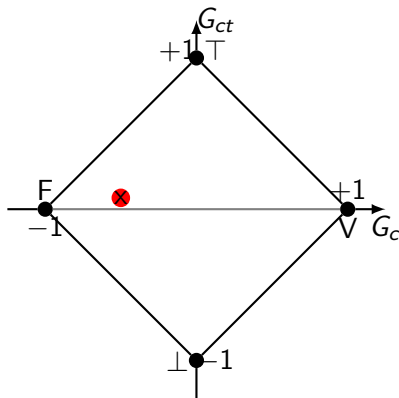
- Grau de evidência favorável 0 (μ_0): Valor de referência;
- Grau de evidência favorável 1 (μ_1): Valor da variável controlada.
 - $\mu_1 = 1 - \lambda$

Diagrama de blocos do controle utilizando a $LPAE_T$

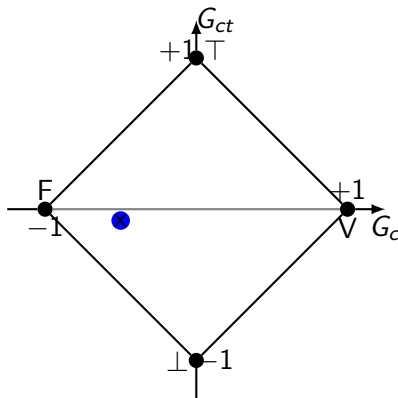


Fonte: Próprio autor

Representação do reticulado da $LPAE_T$ dividido em duas partes

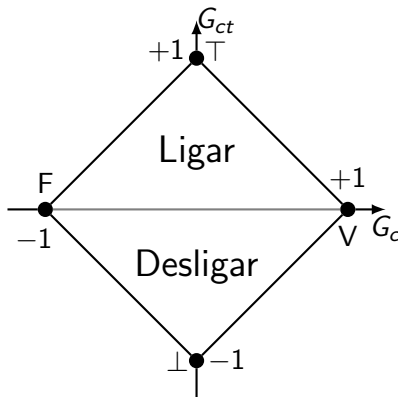


(a) G_{ct} positivo ($\mu_0 > \mu_1$)



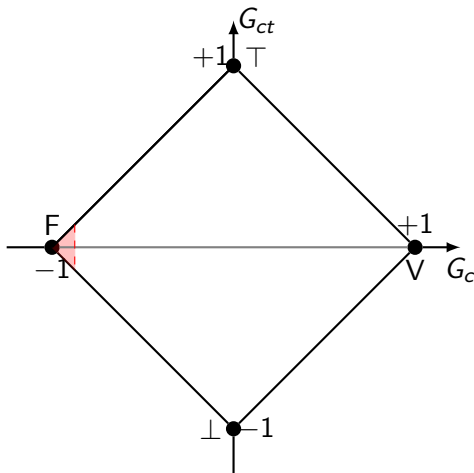
(b) G_{ct} negativo ($\mu_0 < \mu_1$)

Região de controle Liga-Desliga no reticulado da $LPAE_T$



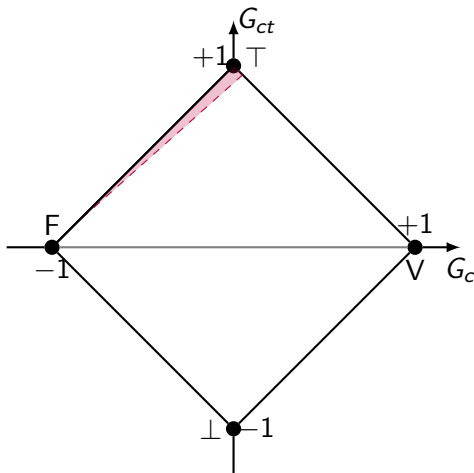
Fonte: Próprio autor

Região de zona morta no reticulado da $LPAE_{\tau}$



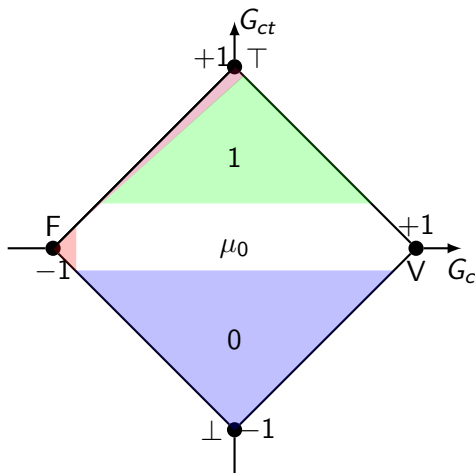
Fonte: Próprio autor

Região de travamento no reticulado da $LPAE_{\tau}$



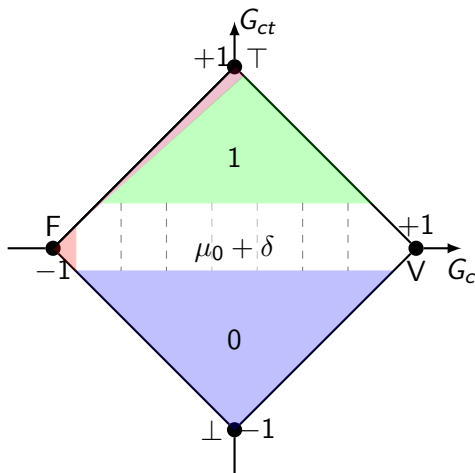
Fonte: Próprio autor

Região ativa no reticulado da $LPAE_T$



Fonte: Próprio autor

Região ativa no reticulado da $LPAE_T$



Fonte: Próprio autor

Valores de correção para a condição de contradição

Limite Inferior	Alvo	Limite Superior	Valor de Correção
9,5	10	10,5	δ_0
10,5	11	11,5	δ_1
11,5	12	12,5	δ_2
12,5	13	14,0	δ_3
14,0	15	15,5	δ_4
15,5	16	17,0	δ_5
17,0	18	19,0	δ_6
19,0	20	21,0	δ_7
21,0	22	23,0	δ_8
23,4	24	25,4	δ_9
25,4	27	28,4	δ_{10}
28,4	30	31,4	δ_{11}

Fonte: Próprio autor

Valores de correção para a condição de contradição

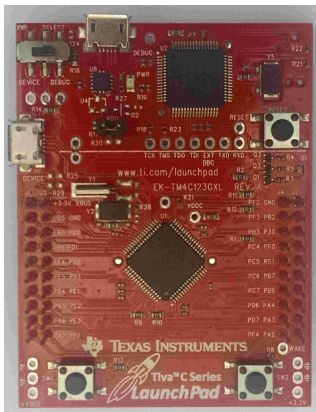
Limite Inferior	Alvo	Limite Superior	Valor de Correção
31,4	33	34,4	δ_{12}
34,4	36	37,4	δ_{13}
37,4	39	40,9	δ_{14}
40,9	43	44,9	δ_{15}
44,9	47	48,9	δ_{16}
48,9	51	53,4	δ_{17}
53,4	56	58,9	δ_{18}
58,9	62	64,9	δ_{19}
64,9	68	71,3	δ_{20}
71,3	75	78,3	δ_{21}
78,3	82	86,3	δ_{22}
86,3	91	100,0	δ_{23}

Fonte: Próprio autor

Materiais - Equipamentos e componentes

- Microcontrolador de núcleo ARM;
- Placa de desenvolvimento *Tiva™* TM4C123GH6PM (Texas Instruments);
- Drive para acionamento do tipo *Pulse Width Modulation* (PWM) com tecnologia CMOS (IRF540);
- Motor de corrente contínua;
- Disco compacto (CD);
- Sensor ótico;
- Fonte de alimentação chaveada 12V 10W.

Construção do Sistema Físico

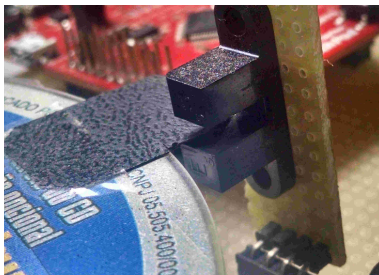


(c) Placa de desenvolvimento

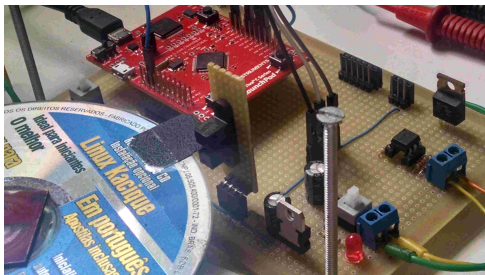


(d) Motor CC

Sistema construído



(e) Sensor de rotação



(f) Planta de testes

Materiais - Ferramentas de software

- Sistema Operacional GNU/Linux Debian 8 (Jessie);
- GNOME Shell;
- Editores de texto e código fonte: Vim e Emacs;
- Compilador GCC para ARM (arm-none-eabi-gcc);
- GNU make;
- Processador de texto \LaTeX - pdfTEX;
- Pacotes geradores de figuras TikZ, PGF e GNU pic (Groff);
- Gerador de gráficos GNUPlot;
- Terminal de comunicação Minicom;
- Gravador para microcontrolador ARM LM4Flash.

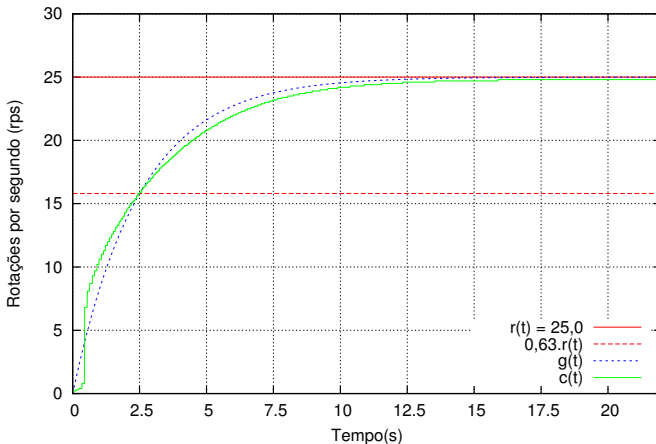
Método

- Levantamento do modelo matemático do sistema protótipo;
- Verificação da qualidade do modelo (erro percentual médio $< 5\%$);
- Definição dos requisitos de desempenho do sistema;
- Realizar o controle utilizando um controlador PI;
- Realizar o controle utilizando um controlador $LPAE_T$.

Modelo do Sistema em Malha Aberta - Formato Canônico

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{s+a} = \frac{0,4}{s+0,4}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau s+1} = \frac{1}{2,5s+1} = g(t)$$



Qualidade do Modelo

Erro Relativo Percentual

$$\%erro = \frac{100}{N} \cdot \sum_{n=0,00}^{n=22,40} \frac{|r[n] - c[n]|}{r[n]} \quad (1)$$

Onde:

r : valor real;

c : valor calculado;

n : número da amostra aquisitada;

N : número total de amostras.

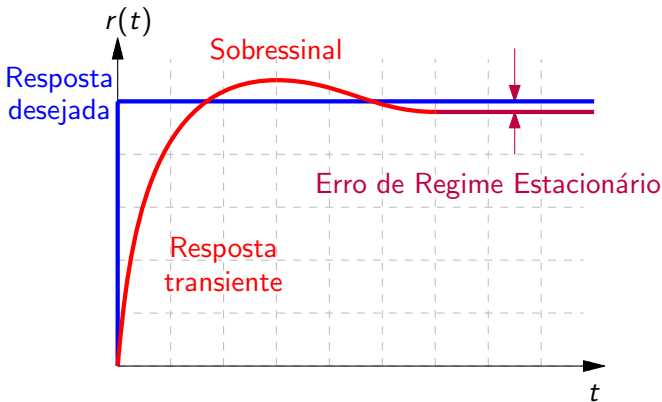
Qualidade do Modelo

Tabela 1: Erro Relativo Percentual para intervalos determinados por τ

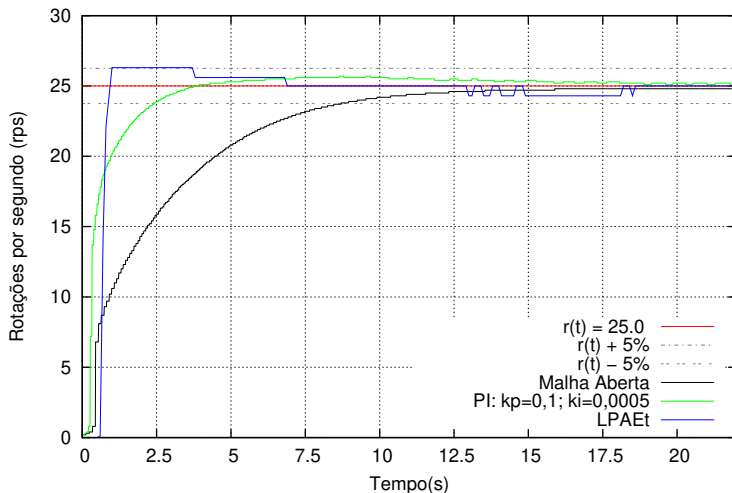
Intervalo de amostras	erro médio relativo
1 a 2 τ	3,16 %
2 a 3 τ	3,38 %
3 a 4 τ	2,00 %
4 a 5 τ	2,29 %
> 5 τ	0,82 %

Requisitos de desempenho do sistema

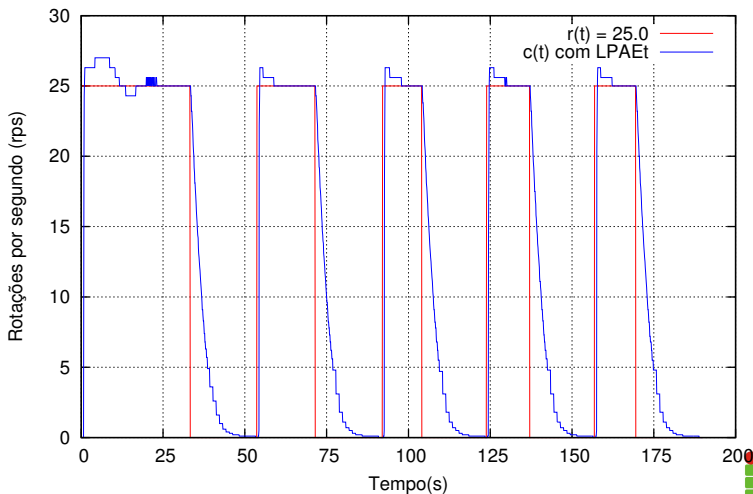
- Tempo de subida: $\leq 2\tau$ do tempo de subida em malha aberta;
- Sobressinal: $\leq 10\%$;
- Erro de regime estacionário: $\leq 5\%$.



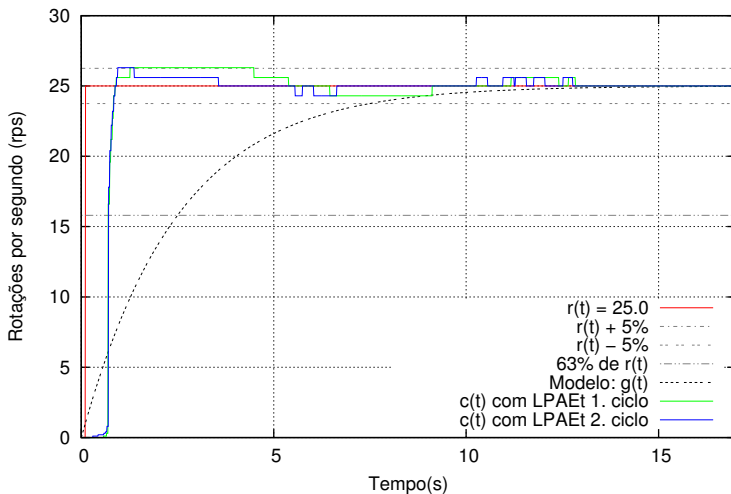
Controlador PI e LPAE τ



Controlador LPAE_T



Controlador LPAE_T



Conclusão

A $LPAE_T$ foi capaz de controlar o sistema proposto para as configurações liga/desliga e PI. Os resultados são iniciais do ponto de vista da utilização no controle dinâmico de sistemas e apresenta-se como promissora a sua exploração associado com inteligência artificial ou sistema adaptativo, para a geração dos parâmetros de controle.

Conclusão

Contribuições do trabalho

- Aplicação da $LPAE_T$ em um sistema de controle;
- Compreensão da $LPAE_T$ e suas formas de aplicação;
- Aplicação bem sucedida mediante requisitos de desempenho do sistema;
- Apresentação de uma nova proposta para realização do controle dinâmico de sistemas;
- Aplicação de um método de validação da nova proposta;
- Investigação das possibilidades e áreas distintas de aplicação;
- Ampliação do conhecimento sobre a $LPAE_T$ sob uma perspectiva até então não explorada;
- Possibilitar uma linha de pesquisa tendo como base o estudo da $LPAE_T$ aplicada ao controle de sistemas;
- Evidenciar possibilidades de trabalhos futuros;

Conclusão

Sugestões para trabalhos futuros:

- Controle de sistemas não lineares;
- Aplicar o controlador $LPAE_T$ em um sistema de segunda ordem e avaliar as implicações, limitações e potenciais;
- Controle de sistemas críticos;
- Utilizar um sistema operacional de tempo real para gerenciar o controlador;
- Melhoria da geração do parâmetro δ , utilizando algum algoritmo adaptativo, inteligência artificial ou alguma técnica que permita um melhor ajuste deste valor de correção.

Referências



DA SILVA FILHO, J. I. Métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores-lpa2v. *Revista Seleção Documental*, Santos, v. 1, n. 1, p. 18–25, Março 2006.



DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M. Aspectos de lógica e teoria da ciência: Pesquisa e métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada em sistemas de inteligência artificial. *Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo*, São Paulo, p. 50–83, 2011.

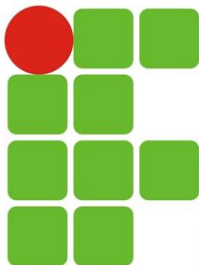


KRAUSE, D. Lógica paraconsistente. *Scientific American Brasil*, São Paulo, n. 30, p. 70–77, Nov 2004.



NISE, N. *Engenharia de sistemas de controle*. 3ª. ed. Califórnia: LTC, 2009.

Agradecimentos



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
SÃO PAULO

Agradeço a todos!