

APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE EM HARDWARE ELETRÔNICO

PARACONSISTENT LOGIC APPLICATION IN ELETRONIC HARDWARE

Guilherme Mariano Jovanelli ^{1,i}
Ricardo Martinez Vicentini ^{2,ii}
Sérgio Luiz da Conceição Matos ^{3,iii}
Thiago Tadeu Amici ^{4,iv}

RESUMO

Embora a Lógica Tradicional tenha desempenhado um papel fundamental para a civilização ocidental, ela não dispunha de nenhuma formalização até o século XIX, portanto a Lógica Clássica foi desenvolvida para este fim. Não obstante, esta forma de sistematização apresenta limitações, como o princípio de explosão, buscando ampliá-la a Lógica Paraconsistente – ou mais precisamente a LPA2v (Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores) – foi criada, mostrando-se útil em casos que lidam com contradições ou não-trivialidades, tendo resultados positivos em aplicações tecnológicas. Portanto, este trabalho tem como principal objetivo a implementação da LPA2v em hardware eletrônico, sobretudo em microcontroladores como o Arduino Leonardo, além de um algoritmo de programação capaz de verificar os resultados obtidos, permitindo adequá-la em diversos projetos.

Palavras-chave: Lógica Paraconsistente, LPA2v, *hardware*, algoritmo de programação, microcontrolador, Arduino Leonardo.

ABSTRACT

Although Traditional Logic has played a fundamental role in Western civilization, it lacked any formalization until the 19th century. Classical Logic was thus developed to address this need. However, this form of systematization presents certain limitations, such as the principle of explosion. To overcome these constraints, Paraconsistent Logic – more specifically, LPA2v (from Portuguese: Annotated Paraconsistent Logic with two values) – was developed, proving useful in cases involving contradictions or non-trivialities, and yielding positive results in technological applications. Therefore, the main objective of this work is to implement LPA2v in electronic hardware, particularly in microcontrollers such as the Arduino Leonardo, as well as to design a programming algorithm capable of verifying the obtained results, enabling its integration into various projects.

¹ Aluno de Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.
E-mail: guilhermemjova@gmail.com

² Mestre em Engenharia Elétrica e docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.
E-mail: ricardo.vicentini@sp.senai.br

³ Mestre em Engenharia Mecânica e docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica – Unidade vinculada a Santos.

E-mail: sergio.lmatos@sp.senai.br

⁴ Mestre em Automação e Controle de Processos e docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica.
E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

Keywords: *Paraconsistent Logic, LPA2v, hardware, programming algorithm, microcontroller, Arduino Leonardo.*

1 INTRODUÇÃO

A Lógica Clássica, formalizada no século XIX, representou um marco na sistematização do raciocínio dedutivo (Haak, 2002). No entanto, sua aplicação em contextos que envolvem contradições apresenta limitações, especialmente devido ao princípio da explosão. Para superá-lo, Newton Carneiro Affonso da Costa desenvolveu a Lógica Paraconsistente, capaz de lidar com contradições. Essa abordagem abre caminho para aplicações em áreas como inteligência artificial, automação e análise de dado e sistemas especialistas (da Silva Filho, 2006).

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

O problema desta pesquisa consiste em desenvolver uma solução capaz de implementar a LPA2v em *hardware* eletrônico, permitindo o processamento de informações em tempo real e o tratamento adequado de contradições lógicas.

1.2 OBJETIVO(S)

Implementar a LPA2v em um microcontrolador, desenvolvendo um algoritmo para-analisador capaz de calcular estados lógicos a partir de entradas analógicas, garantindo precisão e possibilidade de integração com plataformas de cálculo avançado, como o MATLAB Simulink.

1.3 JUSTIFICATIVA

A escolha pela implementação da LPA2v em *hardware*, justifica-se pela viabilidade técnica e pelo potencial quando usado em diversas aplicações. Essa abordagem possibilita executar o uso da lógica paraconsistente em contextos acadêmicos, industriais e de pesquisa, ampliando seu alcance e tornando-a útil para problemas que envolvem contradições.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Lógica Tradicional emergiu de um desdobramento histórico complexo. Embora possuísse embasamento robusto e tivesse desempenhado um papel fundamental para a civilização – desde o período antigo clássico até a Europa medieval – carecia de formalização sistemática (HAACK, 2002). Foi somente no século XIX que a Lógica Clássica – também denominada Lógica Matemática devido a forma notação adotada – surgiu como uma tentativa de estruturação. Contudo, essa tentativa apresenta limitações significativas. Entre estas, destaca-se o princípio da explosão, em que uma contradição permite derivar qualquer proposição arbitrária, o que pode ser representado como:

$$A \wedge \neg A \rightarrow S$$

Onde: S é uma proposição qualquer.

Na busca por superar essas limitações e expandir os horizontes da Lógica Clássica, desenvolveu-se a Lógica Paraconsistente.

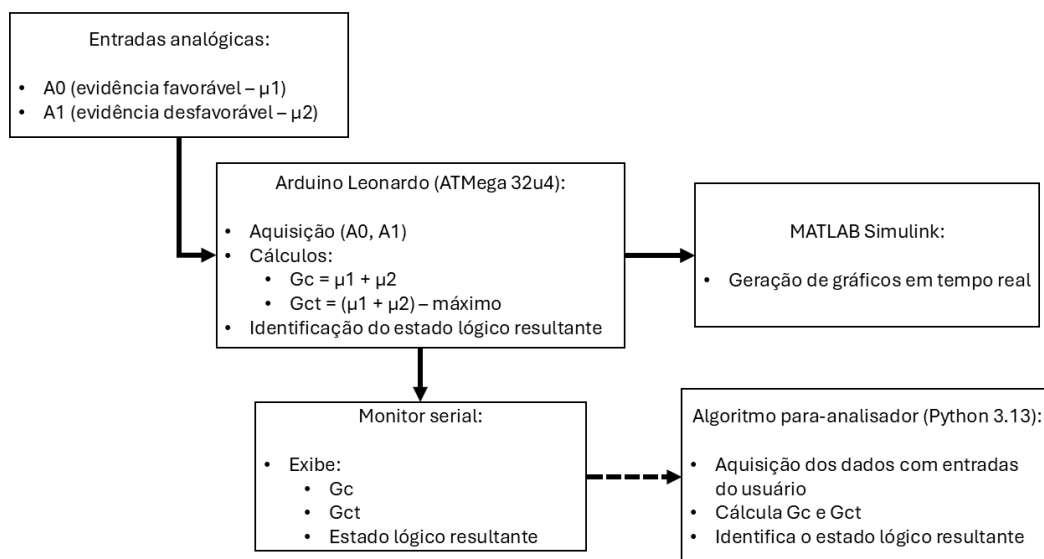
Este último estabeleceu um sólido corpus teórico para as lógicas não-clássicas através da LPA2v, que introduz novos estados lógicos: além do

verdadeiro e falso - herdados da Lógica Clássica - incorpora também inconsistente e indeterminado – também chamado de para completo –, além de estados 'não-extremos' resultantes de combinações destes, constituindo assim um sistema lógico não-binário. (DA SILVA FILHO, 2006).

3 METODOLOGIA

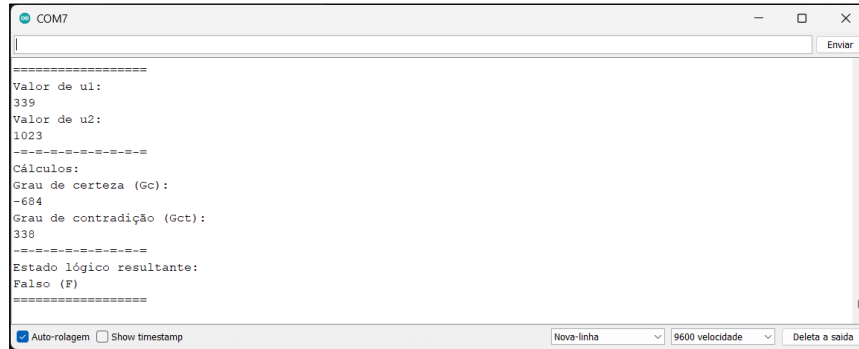
Este trabalho adotou uma abordagem experimental, com o objetivo de construir um algoritmo para-analisador, a qual foi adotada pelo seu evidente caráter prático. Primeiro, foi utilizada a linguagem de programação Python 3.13 para o desenvolvimento de um programa que serviu como uma espécie de “gabarito”, para assim verificar o funcionamento correto de uma futura aplicação em *hardware*, sendo tomado como base o algoritmo escrito em linguagem de Texto Estruturado para CP (Controlador Programável) do trabalho de (Fernandes, 2012).

Em seguida foi escrito um código em C++ para ser aplicado ao microcontrolador Arduino Leonardo (ATmega32u4), para a entrada de valores dos graus certeza e contradição foram utilizadas as resistências de dois potenciômetros. O sistema como um todo foi esquematizado da seguinte forma:



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As etapas do trabalho até agora concluídas obtiveram êxito, com o Arduino Leonardo podendo calcular e obter estados lógicos através dos valores provenientes da variação de resistência dos potenciômetros com os resultados sendo impressos no Monitor Serial da IDE do Arduino 1.8.19 e verificados pelo código em Python, como pode ser visto nas figuras 1 e 2 a seguir.

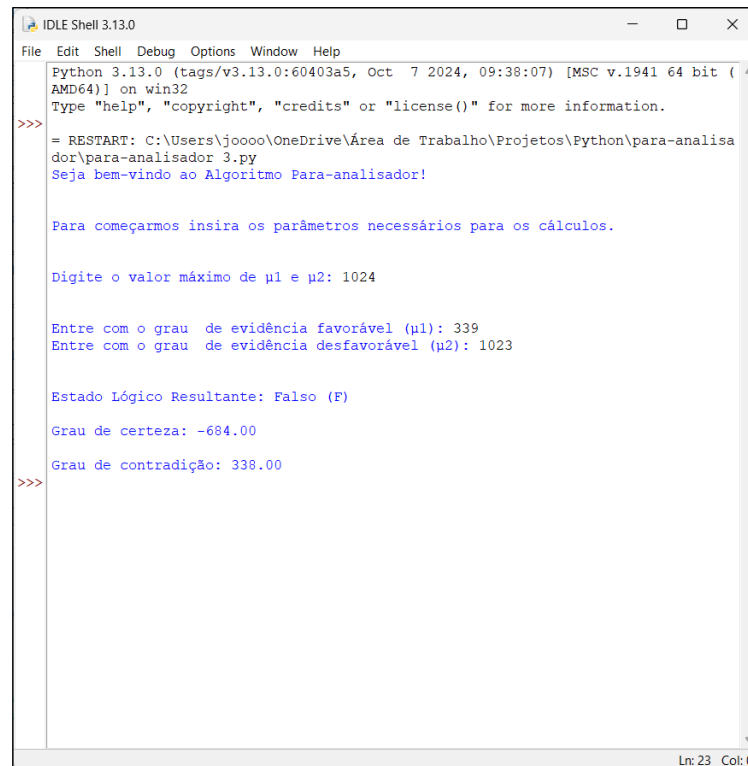


```

=====
Valor de u1:
339
Valor de u2:
1023
-----
Cálculos:
Grau de certeza (Gc):
-684
Grau de contradição (Gct):
338
-----
Estado lógico resultante:
Falso (F)
=====

```

Figura 1: Monitor Serial do Arduino com os resultados impressos



```

Python 3.13.0 (tags/v3.13.0:60403a5, Oct 7 2024, 09:38:07) [MSC v.1941 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
= RESTART: C:\Users\joooo\OneDrive\Área de Trabalho\Projetos\Python\para-analisador\para-analisador 3.py
Seja bem-vindo ao Algoritmo Para-analisador!

Para começarmos insira os parâmetros necessários para os cálculos.

Digite o valor máximo de  $\mu_1$  e  $\mu_2$ : 1024

Entre com o grau de evidência favorável ( $\mu_1$ ): 339
Entre com o grau de evidência desfavorável ( $\mu_2$ ): 1023

Estado Lógico Resultante: Falso (F)

Grau de certeza: -684.00

Grau de contradição: 338.00
>>>

```

Figura 2: Verificação dos resultados com o gabarito em Python

Esses resultados, prospectivamente, poderão ser integrados a *softwares* de cálculo avançado como o MATLAB Simulink em tempo real, estabelecendo uma ponte de comunicação direta com a linguagem do microcontrolador (Hong; Cai, 2010). Essa integração permitirá a geração automatizada de gráficos e visualizações dinâmicas, permitindo análises precisas dos sistemas estudados.

Ademais, o código para-analisador desenvolvido apresenta notável versatilidade, sendo passível de adaptação para projetos de diversas áreas do conhecimento. E, contudo, será aplicado ao estudo do crescimento de colônias de microrganismos em breve.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que a implementação da LPA2v em *hardware*, é tecnicamente viável e apresenta desempenho consistente

na determinação de estados lógicos a partir de entradas analógicas. O algoritmo para-analisador desenvolvido mostrou-se eficaz, reproduzindo de forma precisa os resultados esperados e oferecendo versatilidade para adaptações em diferentes contextos.

Essa solução representa um avanço no uso prático da lógica paraconsistente, ampliando seu alcance para áreas como controle de processos, automação, inteligência artificial e análise de dados com presença de incertezas ou contradições.

Além disso, a possibilidade de integração com plataformas de cálculo avançado, como o MATLAB Simulink, abre caminho para aplicações que demandam processamento em tempo real e visualizações dinâmicas, potencializando o uso em pesquisas científicas e desenvolvimento tecnológico.

Como trabalhos futuros, pretende-se expandir a aplicação do sistema para experimentos na área biológica, como o monitoramento do crescimento de colônias de microrganismos, além de explorar a adaptação do algoritmo para outras áreas e pesquisas.

REFERÊNCIAS

HAACK, S. *Filosofia das Lógicas*. Tradução de Cezar A. Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

DA SILVA FILHO, J. I. (2006). *Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores (LPA2v)*. Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada – UNISANTA – NPE. Santos, São Paulo, Brasil.

FERNANDES, C. L. M. *Lógica Paraconsistente aplicada a sistemas de Automação e Controle*. Mestrado em Engenharia Mecânica (2012). UNISANTA. Santos, São Paulo, Brasil.

HONG, L.; CAI, J. (2010) *The Application Guide of Mixed Programming between MATLAB and Other Programming Languages*. Xiamen University. Xiamen, Fujian, China.

AGRADECIMENTOS

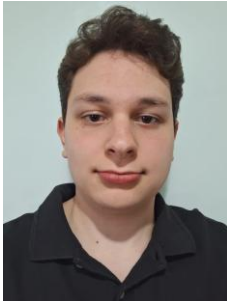
Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Artur e Simone, pelo incentivo constante aos estudos e pelo apoio durante a pesquisa.

Também gostaria de expressar a minha profunda gratidão aos meus orientadores, Me. Ricardo Martinez Vicentini, Me. Sérgio Luiz da Conceição Matos e Me. Thiago Tadeu Amici pela oportunidade de participar deste projeto e pelo valioso acompanhamento que me permitiu aprofundar conhecimentos em eletrônica e computação.

Muito obrigado.

Sobre os autores:

i **GUILHERME MARIANO JOVANELLI**



Graduando em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Técnico em Eletrônica pela Etec Júlio de Mesquita (2022). Bolsista de Iniciação Científica.

ii **RICARDO MARTINEZ VICENTINI**



Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do ABC -UFABC (2018), pós-graduado lato sensu em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2016), Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade de Tecnologia São Vicente (2013) e Técnico em Eletrônica pela Etec Aristóteles Ferreira (2009). Possui experiência nas áreas de Automação, Mecatrônica e Eletrônica, atuando nas seguintes linhas de pesquisa: Comunicação sem Fio para IIoT, Sistemas Microcontrolados e Inteligência Artificial aplicada em robótica e automação (com ênfase na Lógica Paraconsistente LPA2v e Algoritmos Genéticos).

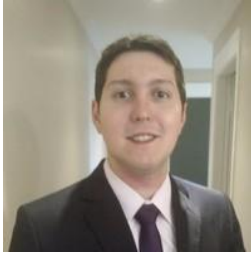
iii **SÉRGIO LUIZ DA CONCEIÇÃO MATOS**



Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília (2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Vale do Paraíba (2002), Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Santa Cecília (2010) e Licenciatura em Física pela UNIMES.

iv **THIAGO TADEU AMICI**

Professor nos cursos de pós-graduação de Indústria 4.0 nas modalidades presencial e EAD, no MBA de Gestão de Projetos aplicados a inovação em Indústria 4.0 e nas graduações em



Engenharia de Controle e Automação, em Tecnologia em Mecatrônica e Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Assessora projetos industriais com foco na Indústria 4.0, onde desenvolveu inúmeros projetos como integrador de relevância nacional e internacional. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Experiência internacional na aprovação de linha de produção e sua instalação no Brasil.