

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

NEILA KARINA RODRIGUES

**PARAPETRINET
UMA PROPOSTA DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM
ANOTAÇÃO DE DOIS VALORES APLICADA NO CONTEXTO DE
REDES DE PETRI**

SANTOS/SP

2019

NEILA KARINA RODRIGUES

**PARAPETRINET
UMA PROPOSTA DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM
ANOTAÇÃO DE DOIS VALORES APLICADA NO CONTEXTO DE
REDES DE PETRI**

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Mauricio Fontoura Blos e do coorientador Mauricio Conceição Mário.

SANTOS/SP

2019

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Rodrigues, N. K.

Parapetrinet - Uma proposta da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores aplicada no contexto das Redes de Petri
Neila Karina Rodrigues -2019.

90 páginas.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Fontoura Blos

Coorientador: Prof. Dr..Mauricio Conceição Mario

Dissertação (Mestrado) - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2019.

1. Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). 2. Redes de Petri (RdP). 3. Inteligência Artificial (IA).

I. Blos, M. F. II. Mario, M. C.

III. Parapetrinet: Uma proposta da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores aplicada no contexto de Redes de Petri.

511.31

R614p

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, confeccionado com muito carinho ao pai Irineu Moreira Gonçalves – que mora no céu, e a minha mãe Rosa Banha Rodrigues que nunca mediu esforços para ajudar no que fosse preciso, me apoiando de diversas maneiras durante essa importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o apoio de várias pessoas especiais.

Em primeiro lugar a Deus por nos prover de forças físicas, mentais e espirituais para conseguirmos atingir nossos objetivos.

Especialmente ao meu orientador professor doutor Maurício Fontoura Blos, por toda paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizaram durante os seminários do mestrado. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar e com muito altruísmo me mostrar o verdadeiro sentido da vida.

Ao professor doutor Mauricio Conceição Mário e ao professor João Inácio da Silva Filho pelo constante incentivo em busca de novos conhecimentos e do nosso crescimento profissional sempre de uma forma muito otimista e desafiadora.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Santa Cecília que nos ajudaram muito através do conhecimento passado fundamental para nossa evolução ao longo do curso, inclusive às secretárias do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, senhoras Sandra e Imaculada, por sempre nos auxiliarem nas dificuldades encontradas com muita educação e eficiência.

Por último e não menos importante, quero agradecer à minha linda e abençoada família e amigos pelo apoio incondicional que me deram, especialmente aos meus amigos Mestrandos Rogério Gião e Hyghor Miranda Cortes, que me ajudaram de forma imensurável a conquistar esse grande objetivo.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo introduzir uma possível extensão das técnicas de Redes de Petri (Rdp) através do apoio de uma lógica não clássica que trata contradições, denominada de Lógica Paraconsistente (LP). A forma de LP aplicada neste trabalho é a LPA2v-Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores. Desta forma, investiga-se a combinação da LPA2v associada a Redes de Petri, para detecção e tratamento de falhas provocadas por ferramentas de quebra em operações de máquinas, em processo de fábrica. Quando as Redes de Petri são utilizadas neste contexto, onde é associada à LPA2v, verifica-se a execução do diagnóstico e o tratamento de falhas no equipamento de um processo produtivo mostra-se com uma abordagem mais racional e sistemática. Neste trabalho será apresentado resultados numéricos de um modelo que associa a Lógica Paraconsistente a Redes de Petri caracterizada na aplicação de um algoritmo da LPA2v denominado Nó de Análise Paraconsistente (NAP). A ação do modelo proposto chamado de PARAPETRINET demonstra sinergia com a técnica de modelagem matemática das Redes de Petri em um processo de sistema de manufatura, a fim de inovar com um novo tratamento para a área da Automação e Inteligência Artificial. Para efetuar a análise e validar o modelo proposto, foi utilizada a planilha eletrônica possibilitando simular os estados possíveis na rede, onde se verificou que o uso da LPA2v na implementação de soluções e apoio a tomada de decisões junto a técnica de Redes de Petri trará melhoria, flexibilidade e autonomia no sistema de manufatura.

Palavras-chave: Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). Redes de Petri (Rdp). Inteligência Artificial.

ABSTRACT

This dissertation aims to introduce a possible extension of Petri Nets (Rdp) techniques through the support of a non-classical logic that treats contradictions called Paraconsistent Logic (PL). The PL form applied in this work is the PAL2v Paraconsistent Annotated Logic with annotation of two values. In this way, we investigate the combination of PAL2v associated with Petri Nets, for the detection and treatment of failures caused by breakdown tools in factory operations. When Petri nets are used in this context, where it is associated with PAL2v, the diagnosis is performed and the treatment of failures in the equipment of a productive process is shown with a more rational and systematic approach. In this work will be presented numerical results of a model that associates the Paraconsistent Logic to Petri Nets characterized in the application of an algorithm of PAL2v denominated Paraconsistent Analysis Node (NAP). The action of the proposed model called PARAPETRINET demonstrates synergy with the mathematical modeling technique of the Petri Nets in a manufacturing system process in order to innovate with a new treatment for the area of Automation and Artificial Intelligence. In order to carry out the analyzes and validate the proposed model, it was possible to simulate the possible states in the network, where it was verified that the use of PAL2v in the implementation of solutions and support for decision making with the Petri Nets technique will lead to improvement, flexibility and autonomy in the manufacturing system.

Keywords: Paraconsistent Logic Annotated with two-valued annotation (PAL2v). Petri nets (Rdp). Artificial intelligence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Reticulado Representativo de Hasse.....	23
Figura 2 – Valoração do grau de Evidência com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida.....	25
Figura 3 – Valoração do Grau de Evidência com variação linear e indiretamente proporcional a grandeza medida.....	26
Figura 4– Símbolo do NAP – Nó de Análise Paraconsistente.....	28
Figura 5– Elementos básicos de um grafo associado as Redes de Petri.....	29
Figura 6–Representação das condições externas.....	31
Figura 7– Redes Elementares.....	32
Figura 8–Distribuição.....	32
Figura 9–Junção.....	33
Figura 10–Escolha não determinística.....	33
Figura 11–Escolha determinística.....	34
Figura 12– Redes de Petri Colorida.....	35
Figura 13–Estrutura hierárquica de um sistema de manufatura.....	36
Figura 14–Etapas para detecção de falhas.....	38
Figura 15–Etapas para tratamento.....	38
Figura 16–Modelo para detecção e tratamento de falhas em operações de usinagem.....	39
Figura 17–Esboço do PARAPETRINAP.....	43
Figura 18–NAP aplicado as Rdp com abordagem para algoritmo.....	44
Figura 19–Esboço do PARAPETRINET	46
Figura 20– <i>Parapetrinet</i> aplicado em operações de usinagem para detecção e tratamento de falhas.....	47
Figura 21– Valoração do grau de Evidência com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida.....	48
Figura 22– Valoração do grau de Evidência com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida.....	49
Figura 23– Valoração do grau de Evidência com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida.....	50

Figura 24– Valoração do grau de Evidência com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida.....	50
Figura 25– Realimentação dos Naps.....	51
Figura 26– Ensaio 1 – Falha no sensor 1 A.....	57
Figura 27– Ensaio 1 – Falha no sensor 1 B.....	58
Figura 28– Ensaio 2 – Falha no sensor 2A.....	59
Figura 29– Ensaio 2 – Falha no sensor 2 B.....	60
Figura 30– Ensaio 3 – Falha no sensor 3A.....	61
Figura 31– Ensaio 3 – Falha no sensor 3 B.....	62
Figura 32– Ensaio 4 – Falha no sensor 4A.....	63
Figura 33– Ensaio 4 – Falha no sensor 4 B.....	64
Figura 34– Ensaio 5 – Falhas nos sensores 1 e 2 A.....	65
Figura 35– Ensaio 5 – Falhas nos sensores 1 e 2 B.....	66
Figura 36– Ensaio 6 – Falhas nos sensores 1 e 3 A.....	67
Figura 37– Ensaio 6 – Falhas nos sensores 1 e 3 B.....	68
Figura 38– Ensaio 7 – Falhas nos sensores 1 e 4 A.....	69
Figura 39– Ensaio 7 – Falhas nos sensores 1 e 4 B.....	70
Figura 40– Ensaio 8 – Falhas nos sensores 2 e 3 A.....	71
Figura 41– Ensaio 8 – Falhas nos sensores 2 e 3 B.....	72
Figura 42– Ensaio 9 – Falhas nos sensores 2 e 4 A.....	73
Figura 43– Ensaio 9 – Falhas nos sensores 2 e 4 B.....	74
Figura 44– Ensaio 10 – Falhas nos sensores 3 e 4 A.....	75
Figura 45– Ensaio 10 – Falhas nos sensores 3 e 4 B.....	76
Figura 46– Ensaio 11 – Falhas nos sensores 1,2 e 3 A.....	77
Figura 47– Ensaio 11 – Falhas nos sensores 1,2 e 3 B.....	78
Figura 48– Ensaio 12 – Falhas nos sensores 1,2 e 4 A.....	79
Figura 49– Ensaio 12 – Falhas nos sensores 1,2 e 4 B.....	80
Figura 50– Ensaio 13 – Falhas nos sensores 1,3 e 4 A.....	81
Figura 51– Ensaio 13 – Falhas nos sensores 1,3 e 4 B.....	82
Figura 52– Ensaio 14 – Falhas nos sensores 2,3 e 4 A.....	83
Figura 53– Ensaio 14 – Falhas nos sensores 2,3 e 4 B.....	84
Figura 54– Ensaio 15 – Falhas nos sensores 1,2,3 e 4 A.....	85
Figura 55– Ensaio 15 – Falhas nos sensores 1,2,3 e 4 B.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Nível da CENTRAL PARAPETRINET.....	42
Tabela 2 – Padrão para valores de saída que indicam falhas em apenas um sensor.....	52
Tabela 3– Padrão para valores de saída que indicam falhas em dois sensores simultaneamente.....	53
Tabela 4– Padrão para valores de saída que indicam falhas em três sensores simultaneamente.....	55
Tabela 5– Padrão para valores de saída que indicam falhas em quatro sensores simultaneamente.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LP	–	Lógica Paraconsistente
LPA	–	Lógica Paraconsistente Anotada
LPA2v	–	Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores
Rdp	–	Redes de Petri
IA	–	Inteligência Artificial
V	–	Verdadeiro
F	–	Falso
p	–	Proposição p
q	–	Proposição q
QUPC	–	Quadrado Unitário no Plano Cartesiano
NAP	–	Nó de Análise Paraconsistente
CNAP	–	Célula Neural Artificial Paraconsistente
E.A.	–	Emissão Acústica
S.G.	–	Strain Gauge
m/s ²	–	Unidade de medida de aceleração em metros por segundo ao quadrado
m	–	Unidade de medida em metros
Hz	–	Unidade de medida em Hertz

LISTA DE SÍMBOLOS

G_C	–	Grau de Certeza
G_{CR}	–	Grau de Certeza real
G_{CT}	–	Grau de Contradição
λ	–	Grau de descrença (ou evidência desfavorável)
μ	–	Grau de crença (ou evidência favorável)
\sim	–	Operador de Negação
\perp	–	Paracompleto e Indeterminado
p_T	–	Conotação de Inconsistente à proposição p
p_1	–	Conotação de Verdade à proposição p
p_0	–	Conotação de Paracompleteza à proposição p
P_μ	–	Sentença proposicional
T	–	Inconsistente
$G_{cm\acute{a}x}$	–	Valor máximo para um estado lógico de verdade
$G_{cm\acute{a}f}$	–	Valor máximo para um estado lógico de Falsidade
Ω	–	Unidade de medida em Ohm

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Objetivo Geral	17
1.2. Objetivos Secundários	17
1.3. Justificativa e Relevância do Tema.....	17
1.4. Organização da Dissertação	18
1.5. Fundamentação Teórica	19
1.5.1. Lógica Paraconsistente	19
1.5.2. Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v)19	
1.5.2.1. O reticulado associado a Lógica Paraconsistente Anotada.....	20
1.5.2.2. Graus de Certeza e Contradição.....	21
1.5.2.3. Algoritmos Paraconsistentes e extração do grau de evidência .	23
1.5.2.4. Modelagem do valor Lógico Paraconsistente.....	24
1.5.2.5. Modelagem com variação Linear	25
1.5.2.6. Algoritmo de Análise Paraconsistente.....	27
1.5.2.7. Nó de Análise Paraconsistente- NAP	28
1.6. Técnicas das Redes de Petri (Rdp).....	29
1.6.1. Notações Particulares.....	30
1.6.2. Classes das Redes de Petri	31
1.6.3. Redes Elementares	32
1.6.4. Redes de Petri Colorida.....	34
1.7. Modelagem do tratamento de falhas em sistemas de manufatura através de Redes de Petri.....	35
1.7.1. Modelo para detecção e tratamento de falhas em operações de usinagem	39
2. MATERIAIS E MÉTODOS	42
2.1. Configuração de uma Rede Parapetrinet.....	42
2.2. Modelo Proposto - Parapetrinet	43
2.3. Aplicação do Parapetrinet em operação de usinagem para detecção e tratamento de falhas	46
2.4. Modelagem dos sinais de entrada para alimentação do modelo <i>Parapetrinet</i>	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
3.1. Ensaio 1 – Falha no SENSOR 1	57
3.2. Ensaio 2 – Falha no SENSOR 2	59
3.3. Ensaio 3 – Falha no SENSOR 3	61

3.4.	Ensaio 4 – Falha no SENSOR 4	63
3.5.	Ensaio 5 – Falhas nos SENSORES 1 e 2	65
3.6.	Ensaio 6 – Falhas nos SENSORES 1 e 3	67
3.7.	Ensaio 7 – Falhas nos SENSORES 1 e 4	69
3.8.	Ensaio 8 – Falhas nos SENSORES 2 e 3	71
3.9.	Ensaio 9 – Falhas nos SENSORES 2 e 4	73
3.10.	Ensaio 10 – Falhas nos SENSORES 3 e 4	75
3.11.	Ensaio 11 – Falhas nos SENSORES 1,2 e 3	77
3.12.	Ensaio 12 – Falhas nos SENSORES 1,2 e 4	79
3.13.	Ensaio 13 – Falhas nos SENSORES 1,3 e 4	81
3.14.	Ensaio 14 – Falhas nos SENSORES 2,3 e 4	83
3.15.	Ensaio 15 – Falhas nos SENSORES 1,2,3 e 4	85
4.	CONCLUSÕES	87
4.1.	Trabalhos futuros	88
	REFERÊNCIAS	89

1. INTRODUÇÃO

A primeira Revolução Industrial (Séc. XVIII), foi um período de grandes mudanças econômicas, sociais e políticas. Na Inglaterra do século XVIII toda a produção comercial era artesanal, no qual o processo entre transformação das matérias-primas em produto final a ser comercializado era um processo totalmente manual. O início da circulação do dinheiro impulsionou as relações de compra, venda e troca de produtos, ou seja, a demanda por consumo cresceu de tal maneira que tornou obsoleta a manufatura como única forma de produção para o mercado consumidor. Concomitantemente à crescente demanda comercial na cidade ocorre o êxodo rural, com a força de trabalho oriunda do campo se deslocando para as grandes cidades da Inglaterra e a substituição de processos de manufatura por máquinas à vapor que foram as primeiras indústrias mecanizadas. Neste processo de migração entre campo e cidade ocorre o surgimento do trabalho assalariado. Esse movimento propiciou no século XVIII, uma Era de produção em massa, redução dos processos e aumento da produção, sofrendo uma evolução radical caracterizada pelo desenvolvimento de novas tecnologias num curto período de tempo, devido ao aumento da procura incessante por produtos em um curto período de tempo (MORAES, 2006).

Esses produtos generalizados trouxeram para o mercado de trabalho uma elevada concorrência gerando alta competitividade e favorecendo o mercado consumidor, que por sua vez, amplia a demanda por produtos industrializados criando a crescente necessidade por alta tecnologia e otimização no custo e tempo de produção, ou seja, cria-se uma sociedade extremamente consumista, alterando os padrões da sociedade capitalista e os hábitos de consumo até os dias de hoje. Já durante a Segunda Revolução Industrial (metade do séc. XIX), a indústria de processamento passou por períodos de produções limitadas, decorrentes ao baixo poder aquisitivo e o desinteresse das pessoas pelo consumismo, devido a divisão mundial entre o capitalismo e o socialismo – Era denominada “Guerra Fria”. Impulsionada por novas tecnologias e diferentes relações de consumo, a Segunda Revolução Industrial foi marcada por novos modelos de produção, já na primeira metade do século XX a indústria americana automobilística e o surgimento do fordismo, por exemplo, diferentes

fontes de geração de energia elétrica e novos modelos de escoamento de produção, como por exemplo, os grandes navios a vapor e a ampliação da malha ferroviária no entorno dos grandes parques industriais, o intenso crescimento de cidades nos arredores das fábricas e a intensa urbanização em boa parte do continente europeu. Neste período, a mão de obra passa a ser cada vez mais específica (DA SILVA, 2010).

A partir da Terceira Revolução Industrial, que teve início na segunda metade do século XX, ocorreram vastas etapas do campo tecnológico disparadas principalmente pela junção entre conhecimento da tecnologia e a produção industrial.

Nas últimas décadas, o surgimento da Revolução tecnológica (Sec. XX), a 4ª Revolução Industrial ou a chamada Indústria 4.0, buscou desenfreadamente pelo atendimento, necessidades e exigências dos clientes, aumentando exponencialmente a demanda que por sua vez, ainda é o grande enfoque do mercado mundial. Esta fase é impulsionada por várias tecnologias voltadas e direcionadas para a robótica, Inteligência Artificial, big data, nanotecnologia, impressão 3D, biologia sintética, biomedicina, medicina e etc., que não se define por cada uma destas tecnologias isoladamente, mas pela consonância e sinergia entre elas (DUARTE, 1999).

Desta forma, fica extremamente evidente e relevante a importância do estudo para o encontro de meios que simplifiquem o elo entre clientes e as suas necessidades, gerada na maioria das vezes pelos processos industriais.

A técnica de Redes de Petri (Rdp) é uma técnica de forte base matemática que permite a interface entre pessoas e design, facilitando a interpretação e identificação dos estados e suas ações (RODRIGUES; BLOS, 2017).

A Lógica Paraconsistente (LP) é uma lógica não clássica que trabalha com situações onde uma sentença e sua negação podem ser ambas verdadeiras. Além dos estados lógicos verdadeiro (V) e falso(F), outros estados são possíveis de serem atribuídos a uma proporção, tais como inconsistente(T) e o indeterminado (\perp) (DA SILVA FILHO, 2010 – 2016).

Uma extensão da LP é a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), onde as fórmulas proposicionais e valores de anotação são registrados em um reticulado finito (DA SILVA FILHO, 2016).

Quando múltiplas inferências apresentam inconsistências, a LPA, em sua forma de anotação com dois valores (LPA2v), tem se mostrada adequada, ajudando a resolver conflitos através do conhecimento de evidências (DA SILVA FILHO 2007, DA COSTA 1999).

Neste trabalho é mostrado uma pesquisa que procura demonstrar que se utilizando da LPA2v com as Redes de Petri, pode-se realizar o diagnóstico e classificar as falhas com as equações da lógica paraconsistente, apresentando em tempo real as informações para a tomada de decisão, através das Redes de Petri.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho de pesquisa é aplicar o algoritmo NAP – Nó de Análise Paraconsistente à técnica de Redes de Petri (Rdp), para demonstrar meios de minimizar as possíveis inconsistências apresentadas no sistema de manufatura e, aproveitando as informações que possam se apresentar contraditórias, diagnosticar e tratar as falhas sem trivialização de resultados na saída.

1.2. Objetivos Secundários

Cita-se como objetivos secundários da solução adotada para a problemática apresentada, o estudo e o desenvolvimento de um novo modelo chamado *Parapetrinet*, que se baseia numa modelagem aplicada em processos industriais por ser caracterizada pela eliminação e tratamento das incertezas e os defeitos de falhas de manufatura.

1.3. Justificativa e Relevância do Tema

A exploração do potencial da centralização das prioridades, ações ou recursos nos processos será um novo enfoque das empresas no futuro. A rápida inovação dos processos pode resultar em capacitações organizacionais melhoradas que permitem, por exemplo, que os novos produtos sejam desenvolvidos mais rapidamente e com alta qualidade.

O processo que antes se baseava no trabalho do homem em sua integridade, deu espaço para os sistemas automatizados, atingindo graus muito elevados de produtividade, de qualidade e de otimização que nos primórdios dos tempos tornaram-se necessários para uma economia globalizada e de muita competitividade.

A lógica clássica não permite tratar certos tipos de inconsistências que os sistemas podem desenvolver. Dessa forma, deixa evidente a necessidade de empregar lógicas que vão além de estados binários. Uma das alternativas é a utilização da A LPA2v, por trabalhar com um intervalo vasto de possibilidades, que permite resultados mais próximos da realidade humana, fazendo o tratamento de sinais contraditórios sem trivialização na saída.

Outra alternativa são as Redes de Petri que são usadas para modelagem e controle de sistemas de manufatura, com o objetivo de tratar e resolver o crescimento exponencial de espaço de estados de sistemas, fornecerem as informações do estado atual e permitir a monitoração em tempo real e analisar as propriedades de bloqueio e limitação do modelo de sistema. Assim, frente as condições que se torna cada vez mais evidente, imprescindível e necessário, a busca por métodos e procedimentos de controle e a aplicação da LPA2v nas técnicas de Redes de Petri pode ser abordada como uma nova extensão facilitadora, que auxilia no diagnóstico e tratamento de falhas e inconsistências nos resultados que os sistemas de manufatura podem apresentar e fornecer ao supervisor as informações do estado atual, permitindo a monitoração em tempo real.

1.4. Organização da Dissertação

Com o intuito de proporcionar uma visão objetiva do problema que está sendo tratado neste trabalho, bem como a abordagem da solução adotada, no capítulo 1 são apresentados os objetivos, a justificativa do trabalho, a fundamentação teórica da Lógica não clássica, destacada pela Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores e a técnica de modelagem matemática – as Redes de Petri e a exemplificação dos sistemas de manufatura e de fábrica automatizada.

No capítulo 2 é descrito o material e métodos, apresentando o modelo proposto e no capítulo 3, são apresentados de forma bem detalhada os resultados e as discussões do diagnóstico e tratamento de falhas. Estes resultados são os valores obtidos através da simulação do modelo proposto—*Parapetrintet* em planilha eletrônica (*Excel*).

No capítulo 4 o trabalho é finalizado com a conclusão e algumas sugestões para novas pesquisas.

1.5. Fundamentação Teórica

Esta seção compreende a fundamentação teórica da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores e da técnica das Redes de Petri.

1.5.1. Lógica Paraconsistente

A Lógica Paraconsistente (LP) apresenta em sua estrutura teórica a propriedade de suportar contradição sem que o efeito dos conflitos ou inconsistências inutilize as conclusões. Estudos recentes apresentam diversas famílias de lógicas paraconsistentes que desafiam os rígidos princípios binários da lógica clássica (DA SILVA FILHO, 2011).

1.5.2. Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v)

A Lógica Paraconsistente Anotada – LPA é uma lógica Paraconsistente evidencial e proposicional que utiliza constantes anotacionais (graus) para oferecer conotações lógicas à proposição P . Para isto utiliza um operador \sim e um Reticulado associado, que pode ser por exemplo um Reticulado de quatro vértices. Neste trabalho é utilizado um tipo de lógica paraconsistente denominada de Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) cujos algoritmos têm-se mostrado eficientes nas análises e interpretação de dados originados de base de conhecimento incerto (DA SILVA FILHO, 2010).

Conforme visto em Da Silva et al. (2011), as Lógicas Paraconsistentes são consideradas lógicas não-clássicas e possuem como característica principal a aceitação da contradição em sua estrutura teórica. Dentre as denominadas lógicas paraconsistentes, existem as classes de Lógicas Paraconsistentes Anotadas (LPA), que possuem um reticulado associado e foram introduzidas pela primeira vez em programação lógica em Subrahmanian (1985) (DA SILVA FILHO et al, 2011).

1.5.2.1. O reticulado associado a Lógica Paraconsistente Anotada

Na Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) as fórmulas proposicionais vêm acompanhadas de anotações. Cada anotação, pertencente a um reticulado finito (τ), atribui valores à sua correspondente fórmula proposicionais ou proposição P . Para obter um maior poder de representação é utilizado um reticulado formado por pares ordenados ((DA SILVA FILHO, 1997), tal que:

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

É fixado um operador $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$, onde o operador \sim constitui o “significado” do símbolo lógico de negação \neg do sistema que será considerado.

Se P é uma fórmula básica, o operador $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$ é definido como: $\sim [(\mu, \lambda)] = (\lambda, \mu)$ onde, $\mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}$.

Considera-se então (μ, λ) : uma Anotação de P onde: $P_{(\mu, \lambda)}$ é um Sinal Lógico Paraconsistente (DA SILVA FILHO et al. 2009). Neste caso os graus de Evidência favorável μ e desfavorável λ compõem uma Anotação que atribui uma conotação lógica à Proposição P . Desse modo, a associação de uma anotação (μ, λ) a uma proposição P significa que o *Grau de Evidência* favorável em P é μ , enquanto que o *Grau de Evidência* desfavorável, ou contrária, é λ .

Intuitivamente, em tal Reticulado tem-se (DA SILVA FILHO et al. 2009):

$P_{(\mu, \lambda)} = P_{(1,0)}$: indicando ‘existência de evidência favorável total e evidência desfavorável nula’, atribuindo uma conotação de *Verdade* à proposição.

$P_{(\mu, \lambda)} = P_{(0,1)}$: indicando 'existência de evidência favorável nula e evidência desfavorável total', atribuindo uma conotação de *Falsidade* à proposição.

$P_{(\mu, \lambda)} = P_{(1, 1)}$: indicando 'existência de evidência favorável total e evidência desfavorável total' atribuindo uma conotação de *Inconsistência* à proposição.

$P_{(\mu, \lambda)} = P_{(0, 0)}$: indicando 'existência de evidência favorável nula e evidência desfavorável nula', atribuindo uma conotação de *Indeterminação* à proposição.

Por meio de transformações lineares em um quadrado unitário no plano cartesiano e o Reticulado τ representativo da LPA pode-se chegar à transformação:

$$T(X, Y) = (x - y, x + y - 1)$$

1.5.2.2. Graus de Certeza e Contradição

Relacionando os componentes da transformação $T(X, Y)$ conforme a nomenclatura usual da LPA2v(DA SILVA FILHO, 1997)(DA SILVA FILHO et al. 2008)., onde:

$x = \mu \rightarrow$ Grau de Evidência favorável e

$y = \lambda \rightarrow$ Grau de Evidência desfavorável, vem que:

- do primeiro termo obtido no par ordenado da equação da transformação fica: $x - y = \mu - \lambda \rightarrow$ o qual denominou de Grau de certeza (G_C). Portanto, o Grau de certeza é obtido por:

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

E seus valores, que pertencem ao conjunto \Re , variam no intervalo fechado +1 e -1, e estão no eixo horizontal do reticulado, o qual se denomina de "*Eixo dos Graus de Certeza*".

Quando G_C resultar em +1 significa que o estado lógico resultante da análise paraconsistente é Verdadeiro (V), e quando G_C resultar em -1 significa que o estado lógico resultante da análise é Falso (F).

Do segundo termo obtido no par ordenado da equação da transformação fica: $x+y-1=\mu+\lambda-1 \rightarrow$ o qual denominou de Grau de Contradição (G_{ct})(DA SILVA FILHO et al. 2009). Portanto, o Grau de Contradição é obtido por:

$$G_{ct} = \mu + \lambda - 1 \quad (2)$$

E seus valores, que pertencem ao conjunto \mathfrak{R} , variam no intervalo fechado +1 e -1, e estão no eixo vertical do reticulado, o qual se denomina de “Eixo dos graus de Contradição”.

Quando G_{ct} resultar em +1 significa que o estado lógico resultante da análise paraconsistente é Inconsistente (T), e quando G_C resultar em -1 significa que o estado lógico resultante da análise é Indeterminado (\perp).

A partir de um estudo mais detalhado visto em Da Silva Filho [2009], pode-se encontrar o Grau de Certeza Real (G_{CR}) como um valor projetado no eixo dos graus de certeza do Reticulado através das equações:

$$G_{CR} = 1 - \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_a^2} \quad (3)$$

se $G_C > 0$

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

se $G_C < 0$

E a partir de G_{CR} pode-se encontrar o seu valor normalizado, denominado de Grau de Evidência Resultante (μ_{ER})(DA SILVA FILHO et al. 2008)(DA SILVA FILHO, 1997). Portanto:

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

A figura 1 mostra reticulado representativo De Hasse.

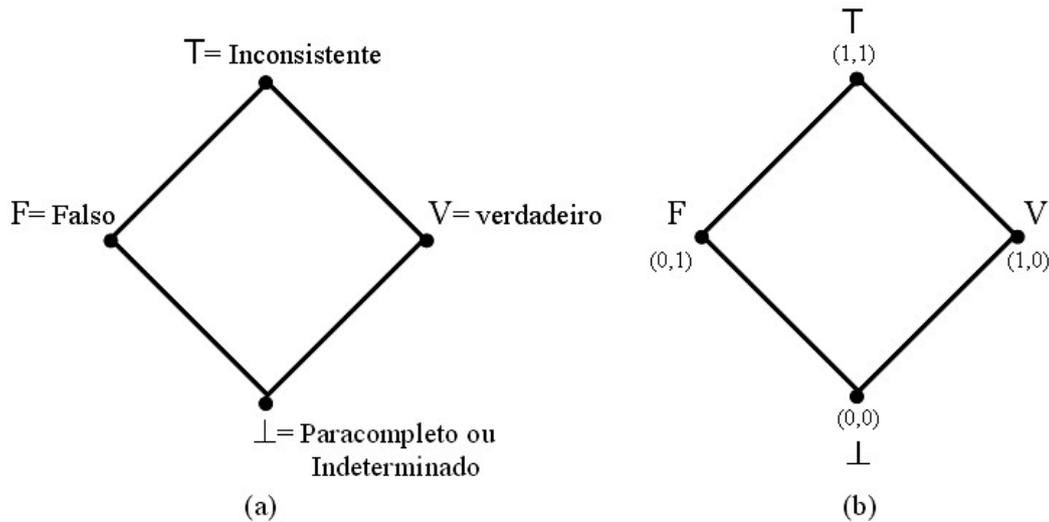


Figura 1. Reticulado Representativo De Hasse (Da Silva Filho, 2001).

Considerando os valores encontrados no quadrado unitário do plano cartesiano pode-se estender a análise em uma representação de 2 eixos: um com os valores do grau de contradição e outro com os valores do grau de certeza. Estes dois eixos são sobrepostos de tal forma a serem comparados com o reticulado do LPA2v, onde se podem delimitar regiões as quais serão comparadas a determinados estados lógicos Paraconsistente (DA SILVA FILHO et al. 2009).

1.5.2.3. Algoritmos Paraconsistentes e extração do grau de evidência

Verifica-se que em uma técnica denominada de Para-Estatística Descritiva, onde se faz a mescla de métodos fundamentados em Lógica Paraconsistente e em Estatística, podem-se criar algoritmos. A partir dos métodos estatísticos referentes à distribuição da frequência estes algoritmos permitem que sejam obtidas as formas de extração de sinais de informação modelados como graus de evidência para aplicação nas análises baseadas em LPA2v.

Para a sua correta aplicação a LPA2v necessita de sinais de informação na forma de dois graus μ e λ , que expressem evidências sobre a proposição

referente ao processo físico a ser analisado. Esses dois Graus de Evidência devem ser representativos, pertencente ao conjunto dos números reais e valorados no intervalo fechado entre 0 e 1 (DA SILVA FILHO et al. 2008).

A seguir é mostrada uma abordagem de extração dos Graus de Evidência a partir da modelagem descrita a seguir.

1.5.2.4. Modelagem do valor Lógico Paraconsistente

A valoração das evidências é expressa pelo seu valor Lógico Paraconsistente, ou Grau, que um número pertencente aos reais no intervalo fechado entre 0 e 1. Este número é extraído das características originais das fontes de informação que estabelecem a sua variação e comportamento dentro de um Universo de discurso. Se uma fonte de informação é um especialista humano o valor lógico Paraconsistente é formado através de seu conhecimento sobre o assunto relacionado à proposição. Um especialista humano pode estabelecer um valor para determinada Proposição embasado em seu conhecimento acumulado pela experiência adquirida em sua profissão. Dessa forma, o primeiro passo para a construção de um Sistema de Análise Paraconsistente capaz de tratar incertezas e fazer de modelagem para a extração de Conhecimento das fontes de informação. Determinado valor e variação no Universo de Discurso. Se a fonte de informação for um aparelho de medição, este deve ser especificado em determinada faixa de valores da grandeza a que foi construído para mensurar, se estabelecendo assim o Universo de Discurso conveniente para a análise da Proposição. A modelagem para a extração dos Graus de Evidência das Fontes pode ser feita de várias formas, procurando-se sempre aquela que melhor se adéqua a análise da proposição que se deseja efetuar (DA SILVA FILHO et al. 2008).

1.5.2.5. Modelagem com variação Linear

Na extração do Conhecimento da Fonte de Informação pode-se verificar que a variação das evidências a respeito de determinada proposição é linear e de modo diretamente proporcional no Universo de Discurso. Nesse caso, faz-se a valoração dos Graus de Evidência de entrada como se segue: Considera-se um Universo de Discurso que vai do valor limite inferior da medição da grandeza simbolizado por **a1**, até o valor do limite superior da medição da grandeza simbolizado por **a2**, cuja evidência varia de forma linear e diretamente proporcional ao valor da grandeza (DA SILVA FILHO et al. 2008). A figura 2 mostra o gráfico com a variação do Grau de Evidência para essa situação.

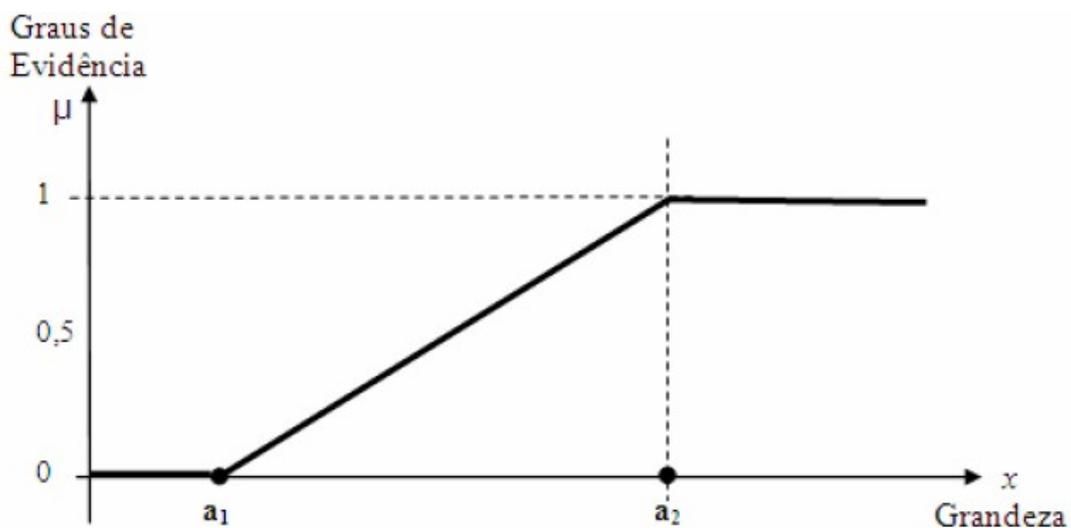


Figura 2- Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida (da Silva Filho, 2008)

O Grau de Evidência K, que tem seu valor variado de 0 até 1 no Universo de Discurso, será calculado por:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & \text{se } x \in [a_1, a_2] \\ 1 & \text{se } x > a_2 \\ 0 & \text{se } x < a_1 \end{cases}$$

Com base no Universo de Discurso se a variação das evidências a respeito de determinada proposição for linear de modo indiretamente proporcional, faz-se a valoração dos Graus de Evidência de entrada como se segue:

Considera-se um Universo de discurso que vai do valor limite inferior da medição da grandeza simbolizado por **a1**, até ao valor do limite superior da medição da grandeza simbolizado por **a2**, cuja variação seja linear e indiretamente proporcional ao valor da grandeza. O gráfico com a variação do Grau de Evidencia será conforme o apresentado na figura 3.

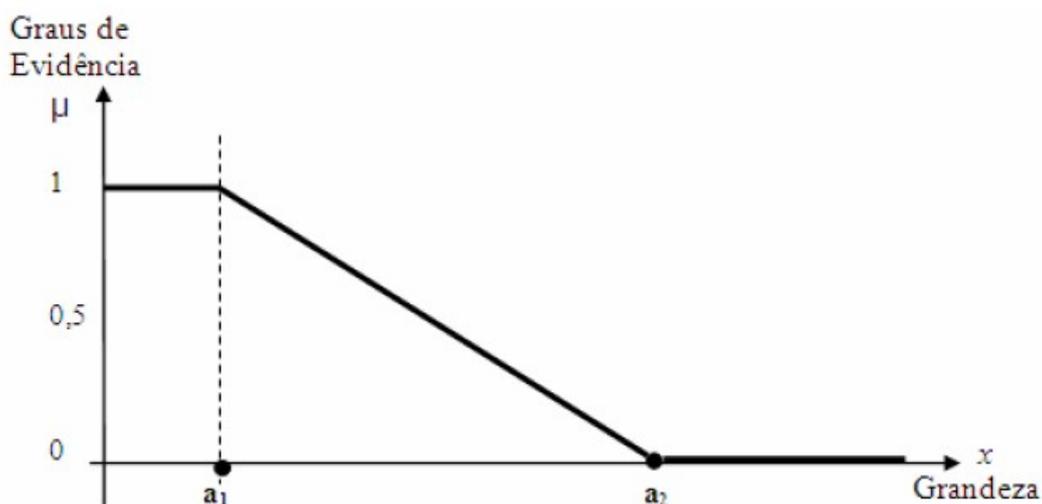


Figura 3 -Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e indiretamente proporcional a grandeza medida(da Silva Filho, 2008)

O Grau de Evidência K , que tem seu valor variado de 0 ate 1 no universo de discurso será calculado por:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a_2}{a_1-a_2} & \text{se } x \in [a_1, a_2] \\ 1 & \text{se } x > a_2 \\ 0 & \text{se } x < a_1 \end{cases}$$

Verifica-se que os valores dos Graus de Evidência $K(x)$ obtidos na valoração de variação linear indiretamente proporcional (figura 3) é o complemento dos valores onde se utiliza a variação linear diretamente proporcional (figura 2).

Também os graus de Evidência podem ser obtidos de tabelas de valores. Na interpretação de tabelas é comumente feita a inclusão de uma coluna contendo as frequências relativas cujos valores poderão servir para a extração de evidência de acordo com as proposições relacionadas ao processo. Sendo assim, em um processo ecológico a tabela de densidade da frequência, obtida pela Estatística Descritiva, é um quadro que resume um conjunto de observações onde a partir de seus valores podem-se extrair Graus de Evidência que servirão para compor os sinais das entradas das análises Paraconsistentes (DA SILVA FILHO et al. 2009).

1.5.2.6. Algoritmo de Análise Paraconsistente

Das equações da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) são extraídos algoritmos para tratamento e análise de sinais de informação aplicados na forma de Graus de Evidência. Todos os procedimentos relacionados ao tratamento lógico paraconsistente estarão relacionados à análise efetuada por um algoritmo denominado de NAP (Nó de Análise Paraconsistente) (DA SILVA FILHO et al. 2009), conforme descrito a seguir.

1.5.2.7. Nó de Análise Paraconsistente- NAP

Apresenta-se na figura 4 o símbolo de um NAP típico que será utilizado nas análises.

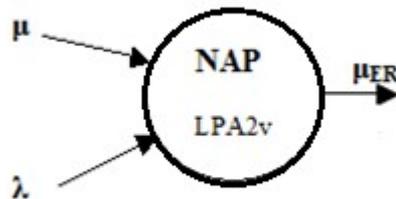


Figura 4. Símbolo do NAP - Nó de Análise Paraconsistente (Da Silva Filho, 2001).

1. Entre com os valores de Entrada

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

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

2. Calcule o Grau de Certeza

$$G_C = \mu - \lambda$$

3. Calcule o Grau de Contradição

$$G_{ct} = (\mu + \lambda) - 1$$

4. Calcule a distância d

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

5. Calcule o Grau de Contradição normalizado

$$\mu_{ctr} = \frac{\mu + \lambda}{2}$$

6. Determine o sinal da Saída

Se $d > 1$, então faça: $S_1 = 0,5$ e $S_2 = \varphi_{E(\pm)}$: Indefinição e vá para o item 10

Senão vá para o próximo item

7. Determine o Grau de Certeza real

$$\text{Se } G_c > 0 \quad G_{CR} = (1-d)$$

$$\text{Se } G_c < 0 \quad G_{CR} = (d-1)$$

8. Calcule o Grau de Evidência resultante real

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

9. Apresente os resultados na saída

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

10. Fim

Os algoritmos NAP's podem ser interligados formando redes Paraconsistentes de tratamento de dados.

1.6. Técnicas das Redes de Petri (Rdp)

A técnica de modelagem matemática ou Redes de Petri são utilizadas na representação de sistemas paralelos, concorrentes, assíncronos e não-determinísticos. Essa técnica tem como representação gráfica dois componentes: um ativo chamado de transição (barra) que corresponde às ações realizadas pelo sistema e do outro passivo denominado lugar (círculo), que equivale às variáveis de estado, na qual ambos são interligados entre si através dos arcos, que podem ser únicos ou múltiplos. A figura 5 mostra os elementos básicos de um grafo associado às redes de Petri (FRANCÊS, 2003).

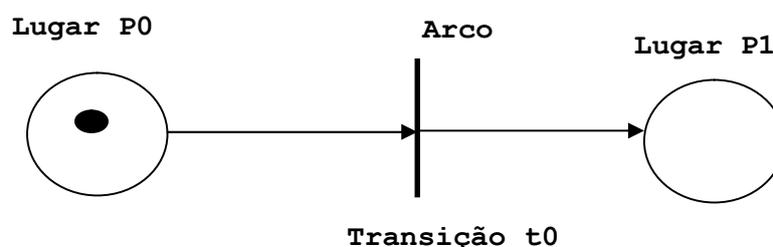


Figura 5 – Elementos básicos de um grafo associado as Redes de Petri (Francês, 2003)

As redes de Petri são compostas dos seguintes elementos (RODRIGUES; BLOS, 2017):

- Lugares: representa uma condição, uma atividade ou um recurso. São simbolizados como circunferências.
- Marcações ou *Tokens*: representam o estado de um sistema e são simbolizados por pontos (marcas) dentro dos lugares.
- Transições: representam um evento e são simbolizados por retângulos.
- Arcos: Indica os locais de entrada ou saída para transições e são simbolizados como setas apontando do elemento fonte para o elemento de destino.

As Redes de Petri obedecem a três fundamentações diferentes.

- Primeira: utiliza a teoria *bag* como suporte.
 - Segunda: usa os conceitos da álgebra matricial.
 - Terceira: se fundamenta na estrutura definida por relações (FRANCÊS, 2003).
- ✓ Definição 1: uma rede de Petri R é uma quintupla $R = (P, T, I, O, K)$, onde $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ é um conjunto finito não-vazio de lugares, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ é um conjunto finito não-vazio de transições. $I: T \rightarrow P$ é um conjunto de *bags* 1 que representa o mapeamento de transições para lugares de entrada.
- $O: T \rightarrow P$ é um conjunto de *bags* que representa o mapeamento de transições para lugares de saída. $K: P \rightarrow N$ é o conjunto da capacidades associadas a cada lugar, podendo assumir um valor infinito.

1.6.1. Notações Particulares

Para representar a diferença entre transições, é desejável o melhoramento da clareza do modelo. Além disso, em muitas situações, usando rótulos de transições através de um alfabeto qualquer associado à rede (por exemplo, o alfabeto a, b, c, \dots, z) que devem ser usados entre parênteses, representando a

execução de uma condição externa ao sistema modelado, conforme ilustra a figura 6 (FRANCÊS, 2003).

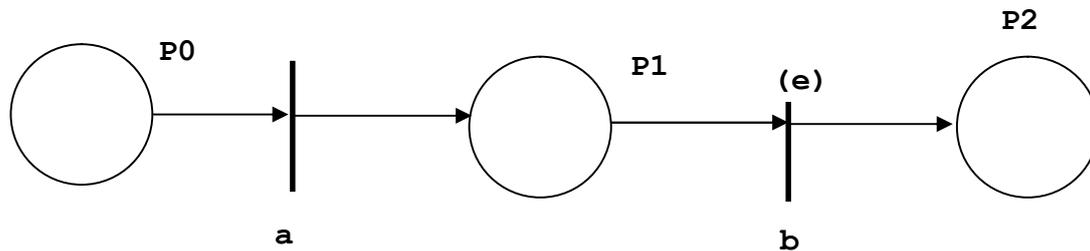


Figura 6 – Representação das condições externas (Francês, 2003)

1.6.2. Classes das Redes de Petri

As redes de Petri são agrupadas em duas grandes classes: as ordinárias e as não ordinárias (FRANCÊS, 2003).

Ordinárias: são caracterizadas pelo tipo de suas marcas, ou seja, suas marcas são do tipo inteiro e não negativo, enquanto que as de alto nível possuem marcas de tipos particulares que subdividem em:

- ✓ Rede Binária: é a rede mais elementar dentre todas, uma vez que só permite no máximo um *token* em cada lugar, e todos os arcos possuem valor unitário.
- ✓ Rede *Place-Transition*: é o tipo de rede que permite o acúmulo de marcas no mesmo lugar, assim como valores não unitários para os arcos (FRANCÊS, 2003).

Não-ordinárias: são chamadas de redes de alto nível, caracterizadas pelos tipos de suas marcas, pois não são mais elementos do tipo inteiro positivo e assim permite a individualização de uma marca (pertencente a um grupo) em um mesmo lugar, podendo ser realizada através de vários artifícios, como por exemplo, cor da marca ou objetos representando os *tokens*. As redes não-ordinárias permitem uma maior clareza e um maior (ou menor) nível de abstração ao modelo, mas não aumentam o poder de representação de um modelo (FRANCÊS, 2003).

1.6.3. Redes Elementares

As redes elementares são definidas como algumas redes que, a partir delas, derivam muitas outras redes mais complexas, sendo discutidas as redes representativas de sequenciamento, distribuição, junção, escolha não-determinística e atribuição (FRANCÊS, 2003).

- ✓ Sequenciamento: é a rede que representa a execução de uma ação, desde que uma determinada condição seja satisfeita e após a execução dessa ação, pode-se ter outra ação, desde que satisfeita outra determinada condição, como mostra a figura 7 (FRANCÊS, 2003).

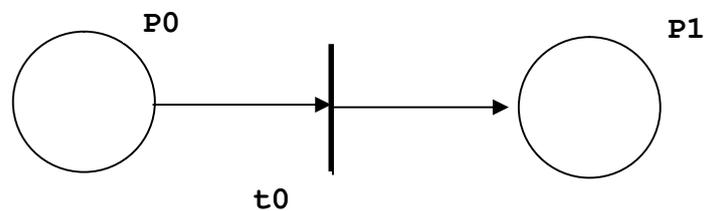


Figura 7– Redes Elementares (Francês, 2003)

- ✓ Distribuição: é a rede elementar utilizada na criação de processos paralelos a partir de um processo pai. Os processos filhos são criados através da distribuição dos tokens encontrados no processo (lugar) pai. A distribuição é apresentada na figura 8 (FRANCÊS, 2003).

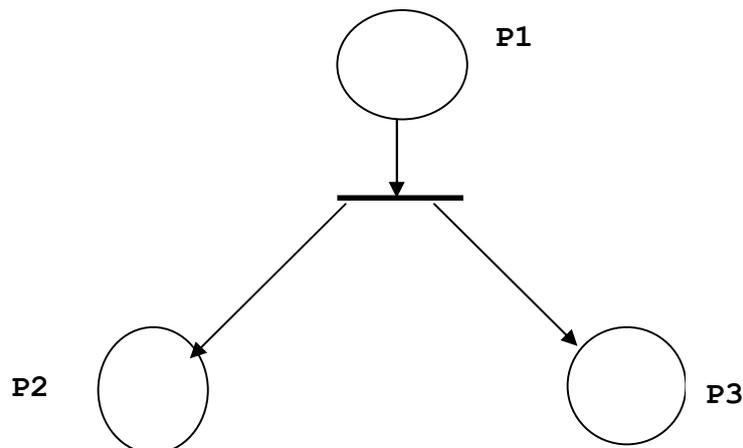


Figura 8–Distribuição (Francês, 2003).

- ✓ **Junção:** é a rede que modela a sincronização entre atividades concorrentes. No exemplo da figura 9, a transição t1 só dispara quando existirem fichas tanto em P1, quanto em P2, estabelecendo, assim, o sincronismo (FRANCÊS, 2003).

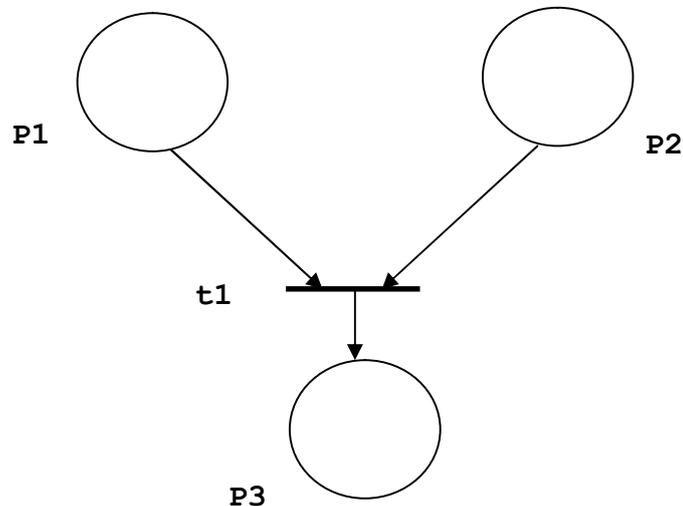


Figura 9 – Junção (Francês, 2003)

- ✓ **Escolha Não-Determinística:** é uma rede que ao se disparar uma transição, inabilita-se a outra, assim o fator não-determinístico dessa rede gera uma situação chamada de conflito, classificado como estrutural ou efetivo. Ambos os conflitos estão associados ao fato de duas transições possuírem o mesmo lugar como entrada. Porém, se a rede não possuir tokens, o conflito é dito estrutural. Contudo, se há uma única marca no lugar comum às transições, diz-se que o conflito é efetivo. A figura 10 ilustra os dois tipos de conflito (FRANCÊS, 2003).

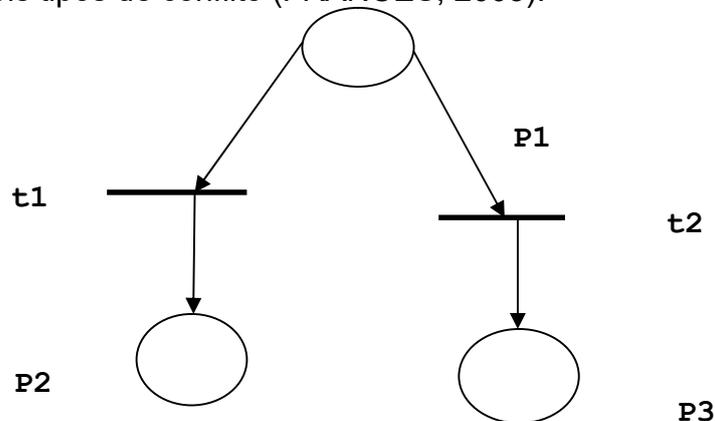


Figura 10–Escolha não – determinística (Francês, 2003).

- ✓ A escolha determinística da transição a ser disparada não é um recurso abordado nas redes elementares. Porém, essas deficiências das redes de Petri originais são resolvidas em algumas extensões propostas, abordadas em seções posteriores, conforme exemplificada na figura 11 (FRANCÊS, 2003).

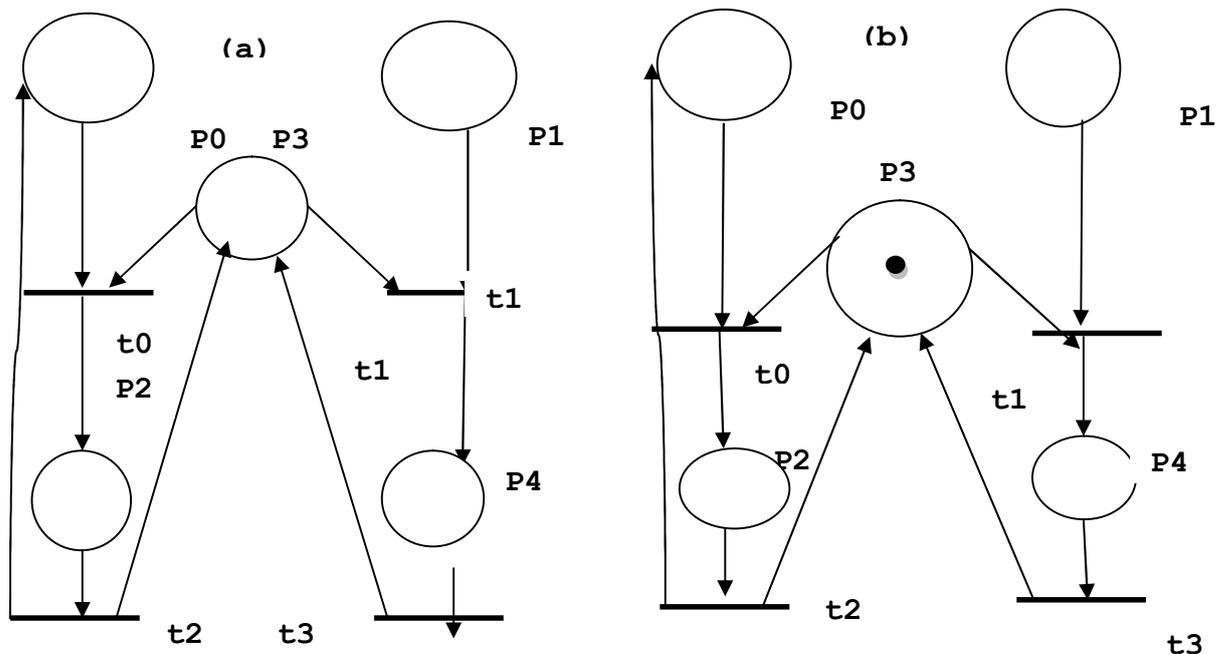


Figura 11 – Escolha determinística (Francês, 2003)

1.6.4. Redes de Petri Colorida

Para que diferentes processos ou recursos possam ser representados em uma mesma rede, surgiram-se as redes de Petri coloridas que têm por objetivo reduzir o tamanho do modelo, permitindo que os tokens sejam individualizados, através de cores atribuídas a eles; assim, as cores não significam apenas cores ou padrões. Elas podem representar tipos de dados complexos, usando a nomenclatura de colorida apenas para referenciar a possibilidade de distinção entre os *tokens*. A figura 12 apresenta uma rede colorida, possuindo a representação original, onde são realmente utilizadas cores para os *tokens*. Nessa figura, os arcos são rotulados com cores (a, b, c) (FRANCÊS, 2003).

No exemplo da figura 12, utiliza-se o modo mais elementar de redes coloridas, no qual se associa ao arco uma determinada cor, assim, o *token* se destinará ao arco cuja cor for idêntica a da marca. Observando-se essa figura, pode-se perceber que os *tokens* de P0 não habilitarão a transição t0, pois o arco que liga P0 a t0 só aceita cores do tipo “a”, e o lugar P0 só possui marcas do tipo “d”. Em contrapartida, P1 possui marcas do tipo “a”, podendo habilitar a transição t1.

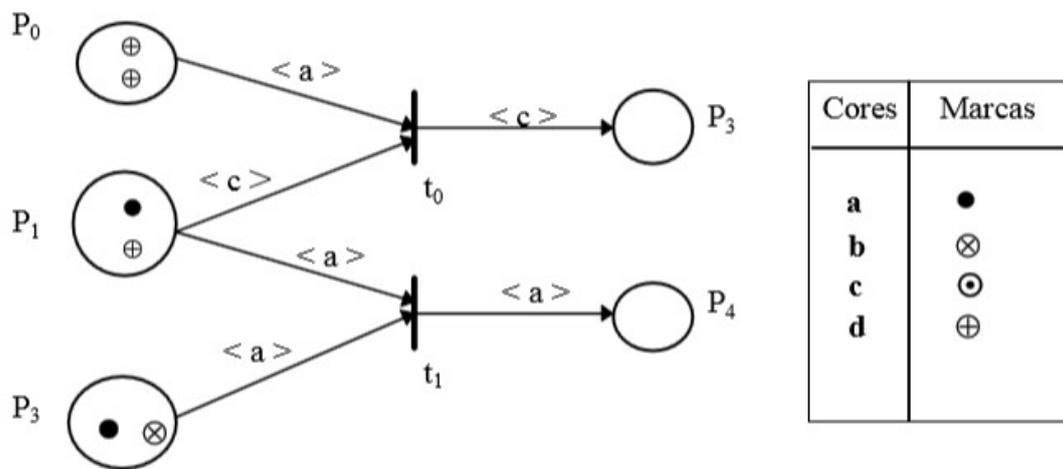


Figura 12 - Redes de Petri Colorida (Francês, 2003)

A rede colorida original provê mecanismos que possibilitam efetuar uma escolha determinística, mesmo que ainda seja um tanto quanto elementar. Esse poder de escolha já significa um grande avanço em direção a uma representação mais clara de um modelo, porém acréscimos posteriores vieram dar maior adequação às redes coloridas, com relação à representação das escolhas não-determinísticas.

1.7. Modelagem do tratamento de falhas em sistemas de manufatura através de Redes de Petri

Nos processos fabris, mais precisamente na área do sistema de transformação, o processo da usinagem é o foco das interrogações de

averiguação mais relevantes. Observando-se a grande necessidade de detectar e trabalhar as falhas provocadas pela ferramenta de desgaste e uma ferramenta de quebra em operações de máquinas, em processos fabris, que por sua vez não podem ser desprezadas tratando-se de um sistema de produção real. Dessa forma sugere-se a aplicação de uma nova metodologia voltada para o melhoramento da flexibilidade e autonomia de sistemas de manufatura (MARTINEZ & MIYAGI, 2014).

O questionamento para a percepção e o tratamento de falhas obedece a um controle escalar, ou seja, os sistemas de produção são formados por subsistemas bem distribuídos, conforme mostra a figura 12: RIASCOS; MIYAGI, 2014

- **Nível de fábrica:** composta por linhas de produção e estações de trabalho.
- **Nível de estação de fábrica:** composta por um conjunto de maquinários.
- **Nível de equipamentos:** composto por vários dispositivos, tais como sensores, atuadores, entre outros.

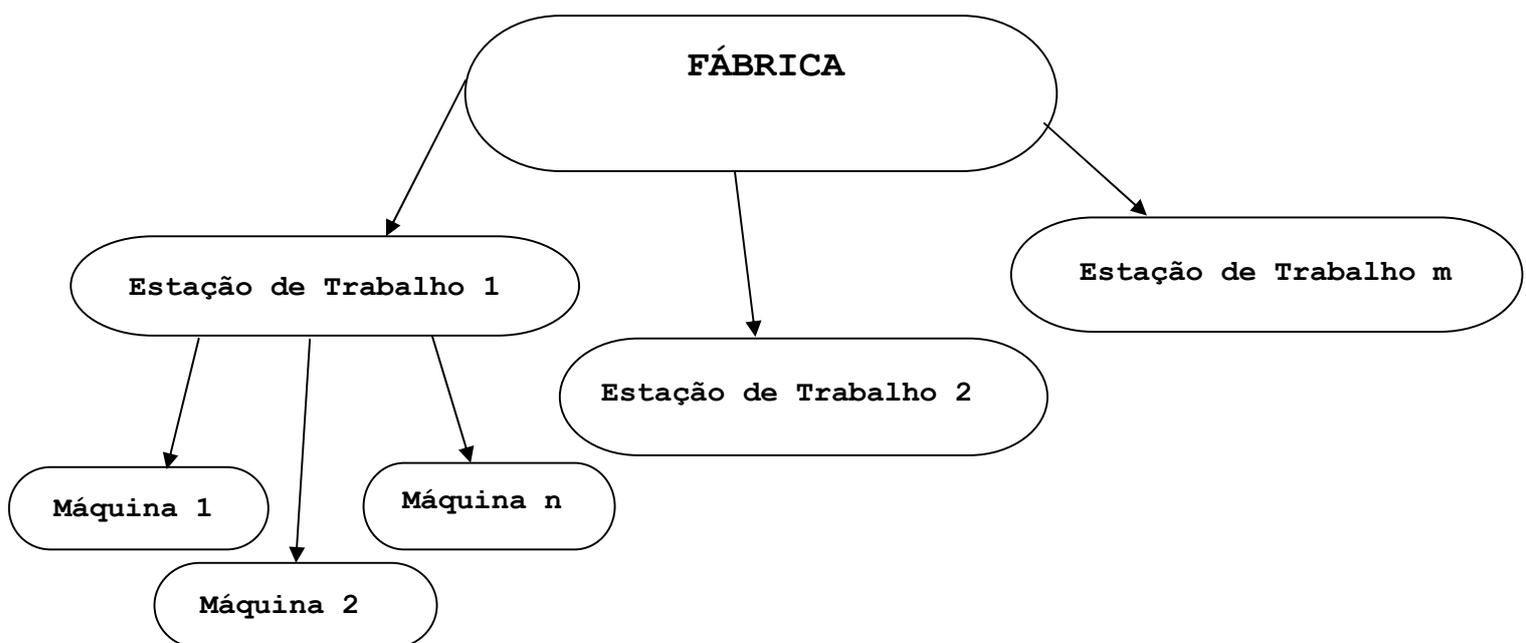


Figura 13 – Estrutura hierárquica de um sistema de manufatura (Riascos; Miyagi, 2014)

Assim, considera-se o tratamento de falhas por níveis hierárquicos, conforme apresentado na figura 14 (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

- **Nível de fábrica:** Através das Redes de Petri Colorida, há uma abordagem baseada nas rotas remarcadas pelo fluxo de material entre a estação de trabalho.
- **Nível de estação de fábrica:** Neste nível são considerados todos os estados operacionais de cada maquinário, pois ao ocorrer um problema deve-se investigar o equipamento ou o conjunto deles na mesma estação de trabalho, seja de execução parcial ou total as funções do sistema inoperacional. De tal forma, o dispositivo de carga e descarga transcorre o fluxo de peças na estação de trabalho, até que o equipamento retorna ao seu estado normal.
- **Nível de equipamentos:** O sistema deve detectar falhas nesta fase e principalmente recuperar de forma automática o sistema inoperante. Na detecção de falha, os sensores são usados como os parâmetros do processo e assim, um “sistema de raciocínio deve detectar as causas da falha e tomar a decisão, a fim de recuperar o equipamento em questão.

Quando se trata de falhas por nível de equipamento, consideram-se dois tipos de falhas no sistema de manufatura (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

1º tipo de falha: Através do monitoramento direto de uma variável do processo específico.

2º tipo de falha: A necessidade de um ou mais processos de diagnóstico do “sistema de raciocínio” para execução ao detectar falhas.

Analisando as falhas do “2º tipo” consideram-se várias etapas que permitem a detecção e tratamento de um déficit, conforme é apresentado no diagrama da figura 14.

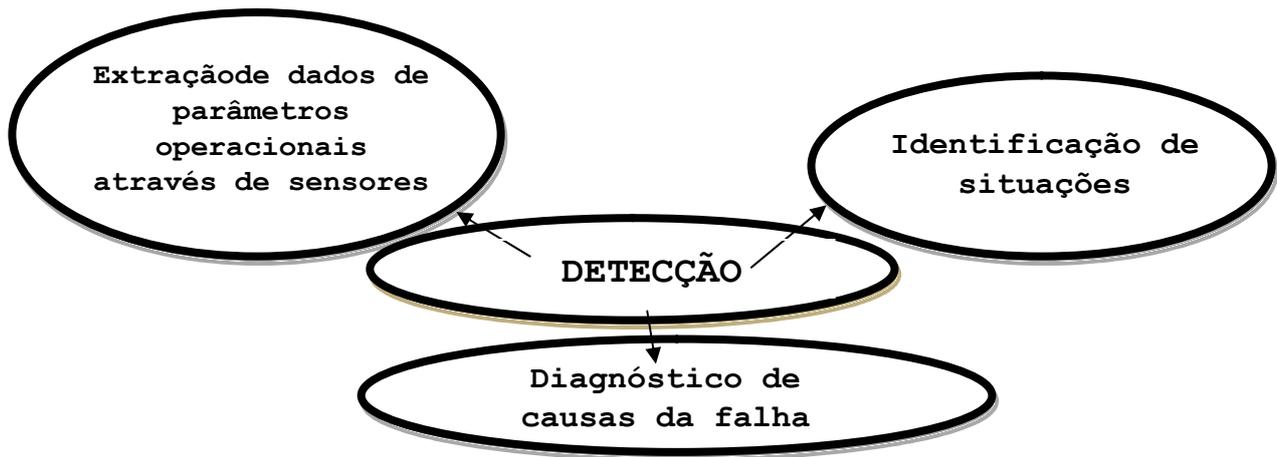


Figura 14–Etapas para detecção de falhas (Riascos; Miyagi, 2014).

Na figura 15 mostra a integração de módulos para tratamento das falhas em sistemas de produção, para um processo normal com situações anormais deve ser abordada por um supervisor do sistema de manufatura, que adotará uma estratégia para cada caso (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

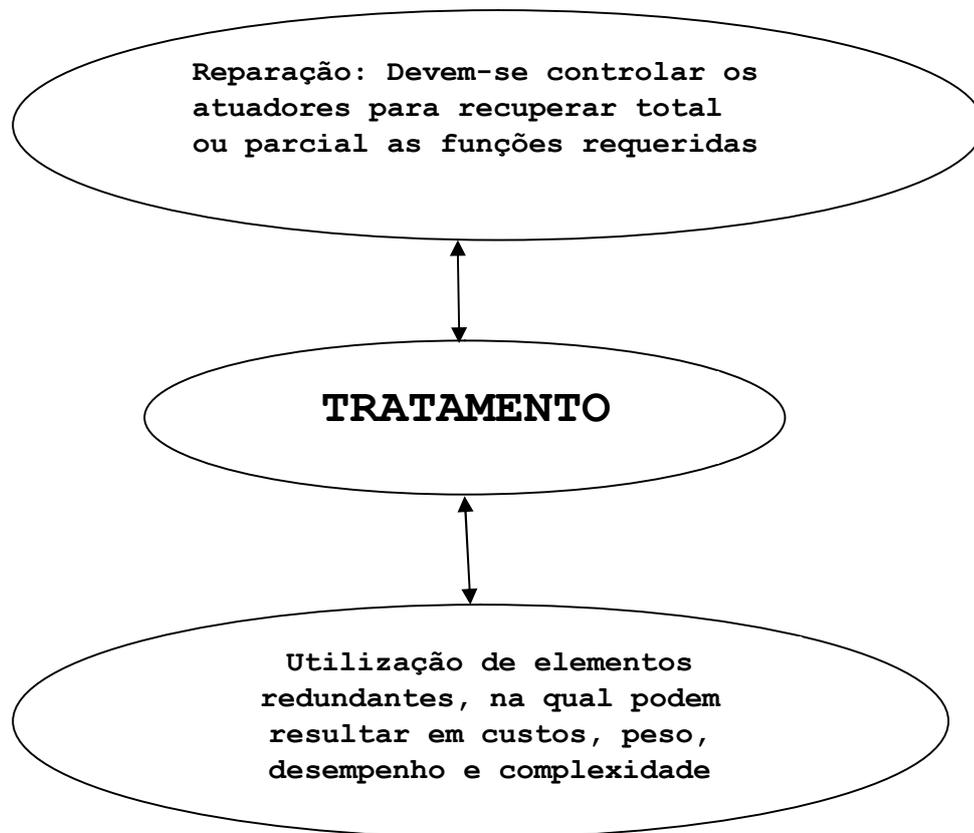


Figura 15–Etapas para tratamento das falhas (Riascos; Miyagi, 2014).

1.7.1. Modelo para detecção e tratamento de falhas em operações de usinagem

Existem diversos modelos de configuração de redes de Petri para utilização em sistema de monitoramento de falhas. O utilizado nesta pesquisa está apresentado na figura 16, onde observam-se 5 camadas que compõem a estrutura do modelo para diagnóstico de falhas: Camada de Sensores, Reconhecimento de Padrões, Causas da Falha, Parametrização e Camada Intermediária (parametrização) para definir o tipo de tratamento (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

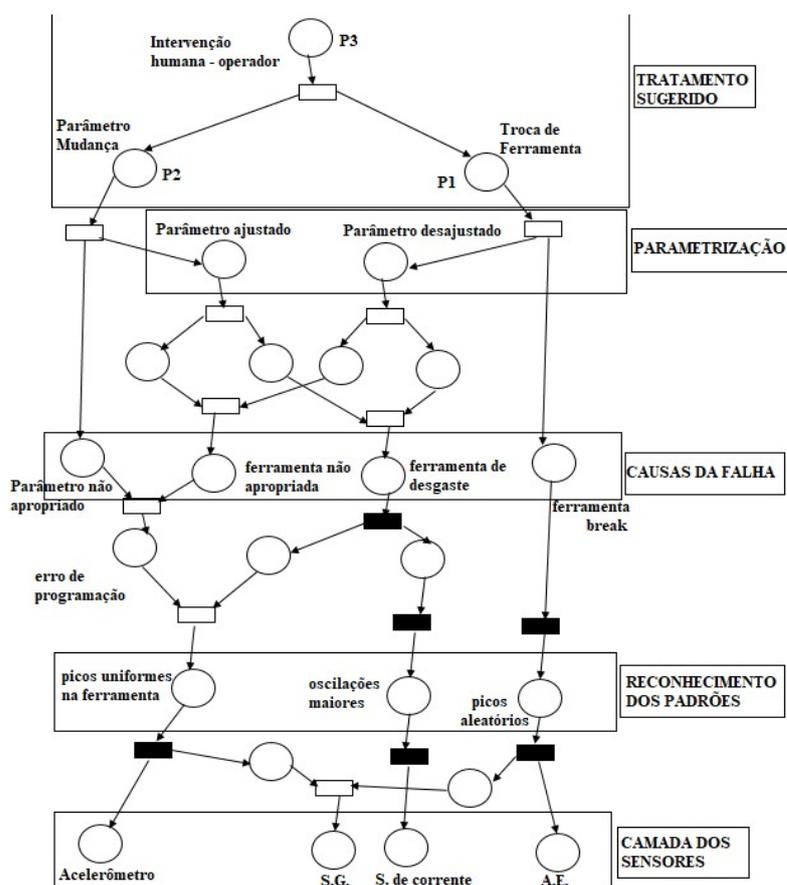


Figura 16 – Modelo para detecção e tratamento de falhas em operações de usinagem (Riascos; Miyagi, 2014).

Camada de sensores:

- *Acelerômetros:* são responsáveis pela detecção de vibrações mecânicas na estrutura da máquina produzida pela oscilação da força de corte, na qual o processamento do sinal de três acelerômetros é filtrado como o componente mais relevante e a extração das características desse componente é feita escolhendo a frequência com a melhor relação de sinal.
- *Sensor de corrente:* é responsável pela detecção das variações na corrente é consumida pelo motor elétrico. Coeficientes de Predição Linear (LPC) ou modelos de auto regressivo pode processar o sinal de sensor de corrente.
- *Extensômetro:* é responsável pela detecção da flexão de ferramenta. Quatro medidores de deformação estão dispostos em um circuito de ponte de *wheatstone* fixa sobre o eixo principal. As variações de tensão de saída são convertidas em variações de frequência.
- *Emissão Acústica:* é responsável pela detecção de efeitos acústicos de ondas de tensão, onde o campo da principal aplicação é na detecção de ruptura da ferramenta.

Reconhecimento de padrões: os picos gerados na ferramenta podem ser, aproximadamente, uniforme ou totalmente ao acaso.

Causas de fracasso: As causas de insucesso são atribuídas a ferramenta de desgaste, a ferramenta que quebra ou erros de programação. As falhas causadas por erros de programação CNC são atribuídas a geração de picos “uniformes”, pois neste caso, a ferramenta é considerada ainda em boas condições (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

- ✓ A diferença entre o processo real e esperada é calculada com base na extração de dados de sensores de sinal.

- ✓ Os ajustes de parâmetros são definidos para corrigir a diferença.
- ✓ Os novos parâmetros devem estar sempre entre os limites de segurança.
- ✓ O ajustamento de parâmetros pode produzir efeitos secundários.

- **Tratamento Sugerido:**

As conclusões relacionadas aos diagnósticos indicam o tratamento para recuperar o equipamento de falhas (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

- **Parametrização:**

Falhas provocadas por qualquer ligeira ferramenta de desgaste ou não apropriadas ferramentas podem ser corrigidas (RIASCOS; MIYAGI, 2014).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizada uma estrutura que associa a LPA2v e uma Rede de Petri mostrada na figura 16. A associação da LPA2v com esta estrutura forma a Rede **Parapetrinet** configurada conforme as determinações a seguir.

2.1. Configuração de uma Rede Parapetrinet

A Rede Parapetrinet é uma associação da Lógica Paraconsistente com as Redes de Petri e tem a função de atuar nas falhas de uma máquina de produção.

A tabela 1 descreve os 3 níveis da central Parapetrinet

Tabela 1 -Nível da CENTRAL PARAPETRINET

<p>1º nível - MODELO CENTRAL PARAPETRINET: Representa a evolução normal do processo produtivo de um sistema de manufatura. Baseia-se na <i>place/transition</i> e pode considerar <i>top-down</i> para o tratamento de insuficiência. Aplicação: Fábrica ou estação de trabalho ou nível.</p>
<p>2º nível - COMPORTAMENTO PETRI NET: Primeiramente os sensores executam a extração de dados, para dar início ao diagnóstico. A causa da falha é identificada com evolução das “marcas”, para em seguida propor o tratamento de recuperação de falha.</p>
<p>3º nível - ESTENDIDO-CENTRO-PETRI: Baseia-se na recuperação de falhas por sub-rede, nas quais os resultados do modelo de diagnóstico de falha definem quais sub-redes são executadas.</p>

Segue um modelo construído e o funcionamento de como foi feita a inserção do NAP aplicada à modelagem matemática, representado pelas Redes de Petri.

2.2. Modelo Proposto - Parapetrinet

Como proposta da LPA2v aplicada as Redes de Petri, para o diagnóstico e tratamento de falhas e incertezas que o sistema em operação de usinagem pode apresentar, e com base nas características definidas pelo NAP, o modelo denominado “Parapetrinet”, consiste na subdivisão de 3 Parapetrinaps.

A figura 17 a seguir apresenta o diagrama em blocos do Parapetrinap, que será aplicado em cada NAP.

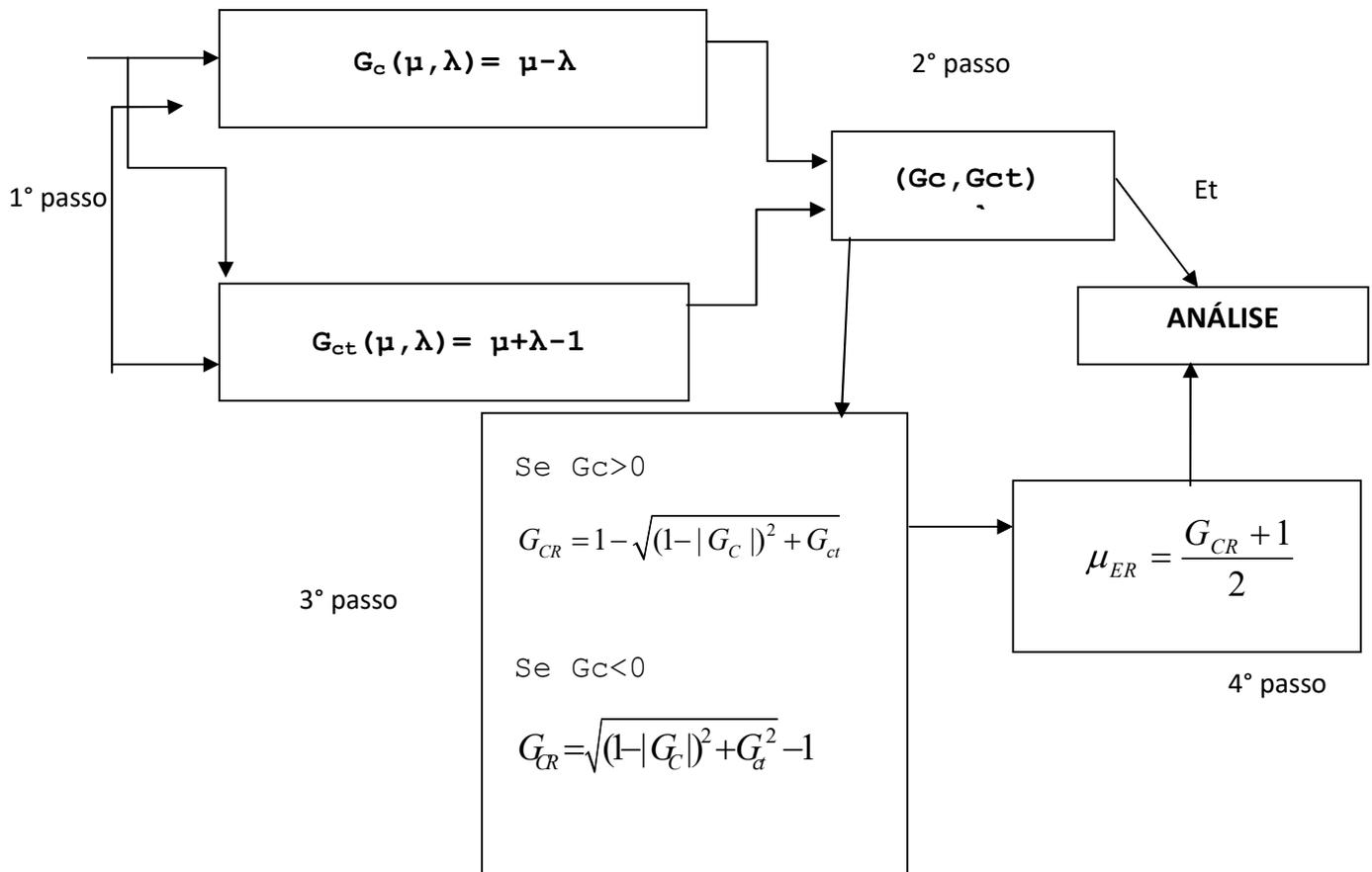


Figura 17 – Diagrama em blocos do PARAPETRINAP.

A estrutura em sua forma completa foi definida em 4 passos:

1º passo:

O processo inicial dá-se com a inserção dos valores para entrada de “ λ e μ ”, variando de 0 a 1. Essas grandezas são normalizadas para cada um dos sensores de acordo com a grandeza que estes mensuram.

2º passo:

Consiste na obtenção dos dados resultantes da operação anterior, na qual o grau de certeza e o grau de incerteza representam o estado lógico (Et).

3º passo:

Os resultados encontrados no passo anterior são trabalhados, a fim de tratar as inconsistências encontradas, definidas num intervalo entre -1 e 1 .

4º passo:

É dado o tratamento ao coeficiente do grau de certeza, deixando o resultado não trivial o mais próximo possível da realidade.

Obs: A análise pode ser feita após o 2º ou 4º passo.

Na figura 18, é apresentado o trecho da Rede de Petri que terá a funcionalidade associada ao NAP com base na configuração utilizando o modelo proposto relacionado a fonte (Parapetrinap), exemplificado para implantação em algoritmo.

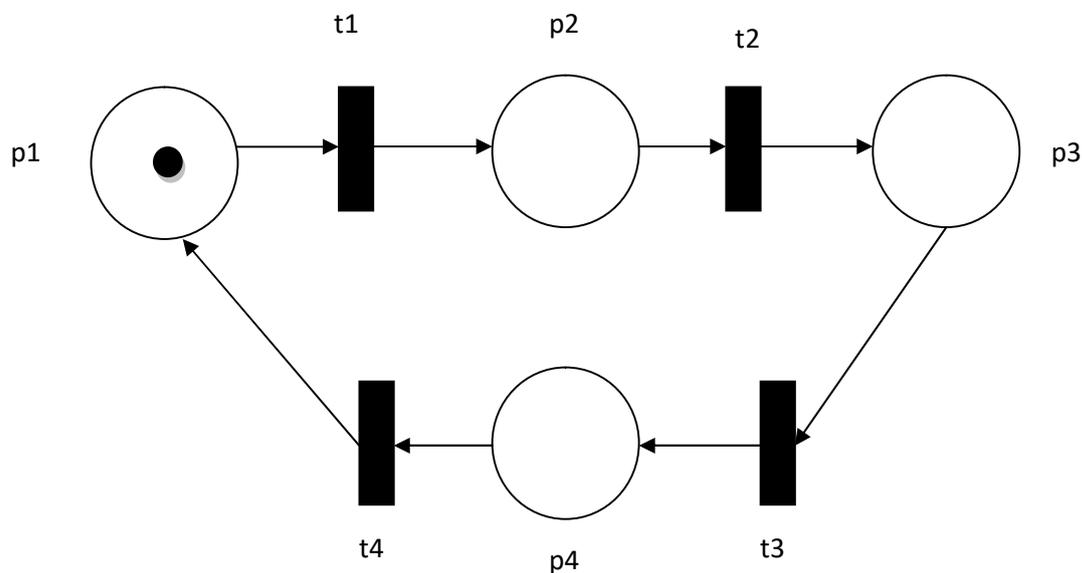


Figura 18 - NAP aplicado a Rdp com abordagem para algoritmo

Analisando a figura 18, tem-se as variáveis descritas no funcionamento da rede do modelo Parapetrinap:

- tp - variável de tempo que é incrementado a cada 5s, inicializando em 0 no marco inicial do algoritmo e terminando em 20s;
- ct - contador de transições que é incrementado de 1 a cada 5s;
- t - representam transições: t_1 , t_2 , t_3 e t_4 . A transição é ativada de acordo com o contador de transições descrito em ct ;
- p - representam lugares: p_1, p_2, p_3 e p_4 .

O modelo proposto baseia-se num ciclo dividido em 5 passos, na qual o contador de passos é zerado, no início de cada ciclo. Segue a descrição dos passos:

1º passo:

- Em p_1 são lidos os valores de μ e λ , com ct e tp iguais a 0;

2º passo:

- Após t_1 , quando $cp=1$ e $t=5s$, em p_2 calcula-se os valores de G_c e G_{ct} ;

3º passo:

- Após t_2 , quando $cp=2$ e $t=10s$, em p_3 calcula-seo G_{cr} ;

4º passo:

- Após t_3 , quando $cp=3$ e $t=15s$, em p_4 calcula-se o_{per} ;

5º passo:

- Após t_4 , quando $cp=4$ e $t=20s$, retorna ao p_1 e recomeçando um novo ciclo;

Esse exemplo pode ser aplicado em cada NAP (Parapetrinap). Esse algoritmo pode também, ser realizado de outras formas, por exemplo, com a atualização dos valores de entrada em cada estado em conjunto com a variável de entrada realizado ao tempo.

Conforme se pode observar na figura 19, o modelo proposto denominado Parapetrinet – é composto por 3 Parapetrinaps que são realimentados pela inserção das Rdp em cada Nape o bloco analisador, que recebe as informações de saída dos Parapetrinaps e converte no diagnóstico de falhas.

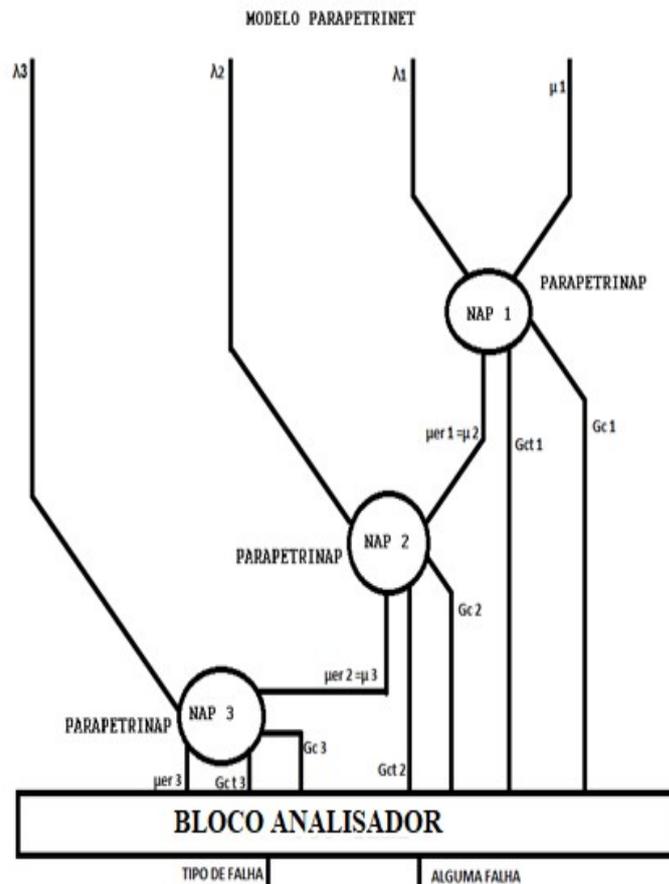


Figura 19- Modelo Parapetrinet.

2.3. Aplicação do Parapetrinet em operação de usinagem para detecção e tratamento de falhas

Para consecução dos objetivos, aplica-se na figura 16 - Modelo para detecção e tratamento de falhas em operações de usinagem, descrito no primeiro capítulo deste trabalho, o modelo proposto “*Parapetrinet*”, na qual a realimentação feita com os Nap's se dá somente na camada dos sensores para a detecção e tratamento de falhas, conforme segue a figura 20.

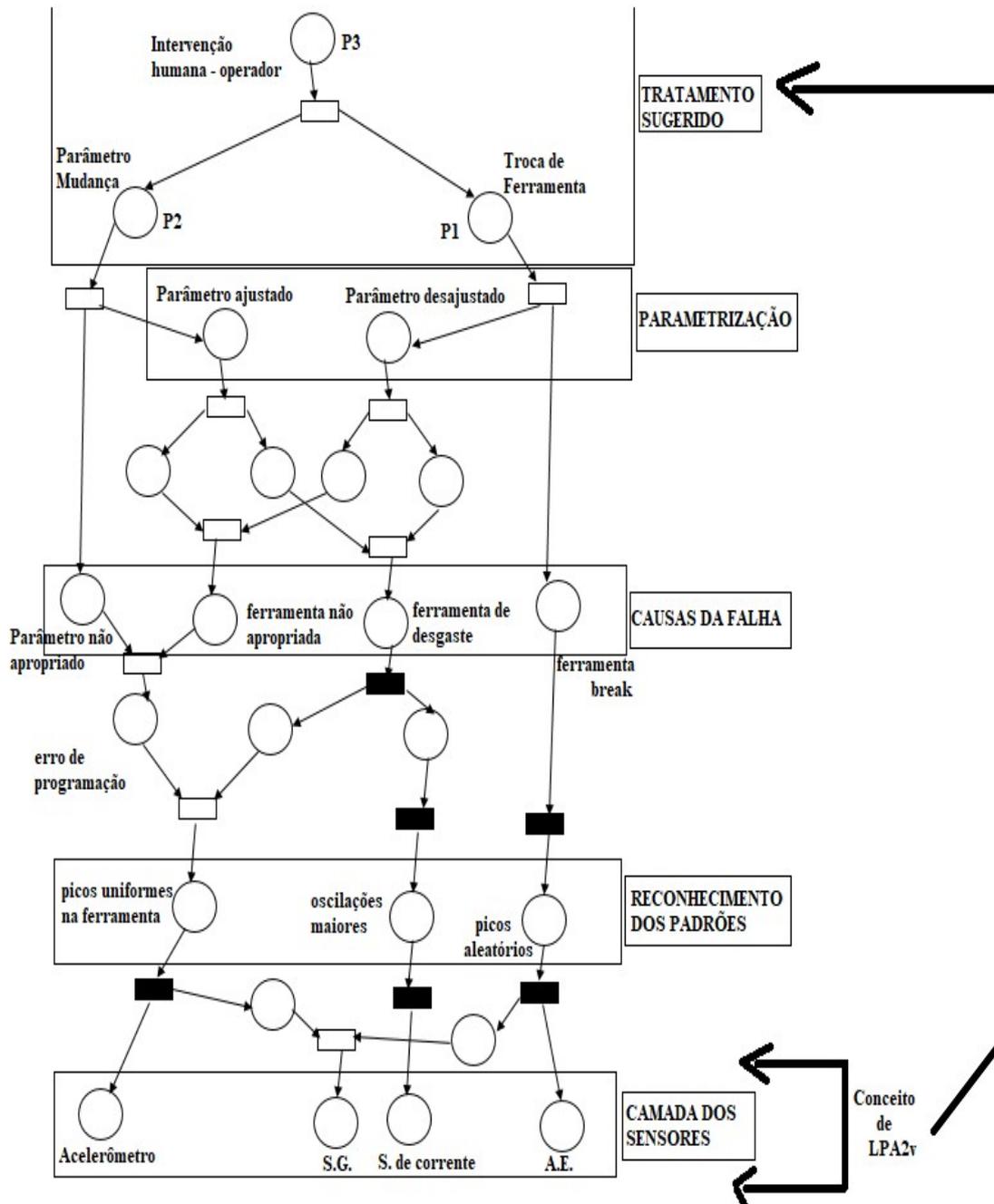


Figura 20 – “Parapetrinet” aplicado em operações de usinagem para detecção e tratamento de falhas (Martinez&Miyagi, 2014)

O modelo utiliza como parâmetros, as informações recebidas dos 4 sensores e normalizados dentro de um padrão estabelecido por cada NAP, que serão descritos a seguir.

2.4. Modelagem dos sinais de entrada para alimentação do modelo *Parapetrinet*

- **Sensor 1: Emissão acústica**

A intensidade da emissão acústica é dada em Hertz (Hz), na qual um valor normalizado igual a 1,0; equivale a um ruído máximo e igual a 0,0; equivale a ausência de som.

Os valores de entrada a_1 e a_2 descritos no eixo x (Grandeza) determinam, respectivamente 0 e 60 Hz. Os valores de entrada descritos no eixo μ (Graus de Evidência) são limitados entre 0 e 1, conforme podemos ver na figura 21.

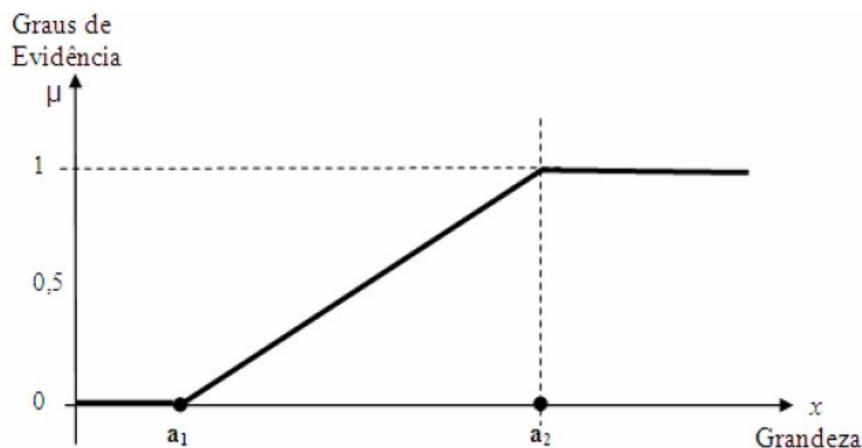


Figura 21: Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida (da Silva Filho, 2008)

Os valores do sensor de emissão acústica foram classificados, correspondente ao seu funcionamento com os limites abaixo:

- $0 < x < 0,5$ – intervenção humana
- $0,5 \leq x \leq 1$ - Tratamento de falhas

Sensor 2: Sensor de Corrente

A intensidade do sensor de corrente é dada em ampére (A), na qual um valor normalizado igual a 1,0; equivale a uma corrente máxima e igual a 0,0; equivale a ausência de corrente, conforme mostra na figura 22.

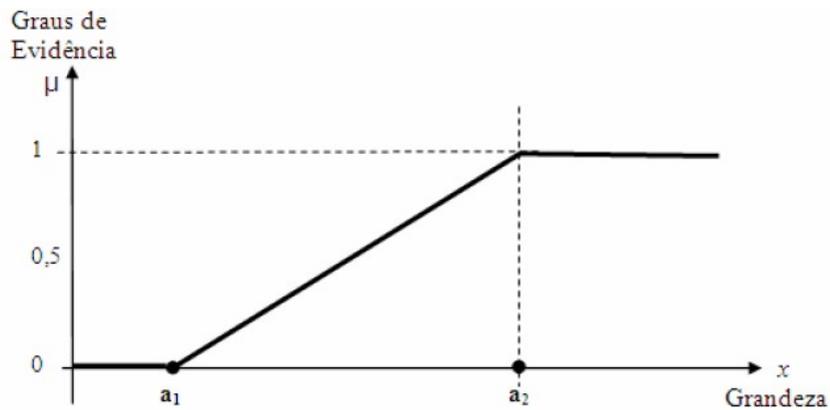


Figura 22: Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida(da Silva Filho, 2008)

Os valores do sensor de corrente foram classificados, correspondente ao seu funcionamento com os limites abaixo:

$0 < x < 0,5$ – intervenção humana

$0,5 \leq x \leq 1$ - Tratamento de falhas

Sensor 3: Strain Gauge (S.G)

A intensidade do *Strain Gauge* é dada em ohm (Ω), na qual um valor normalizado igual a 1,0; equivale a uma resistência elétrica máxima e igual a 0,0; equivale a ausência de resistência elétrica, conforme mostra na figura 23.

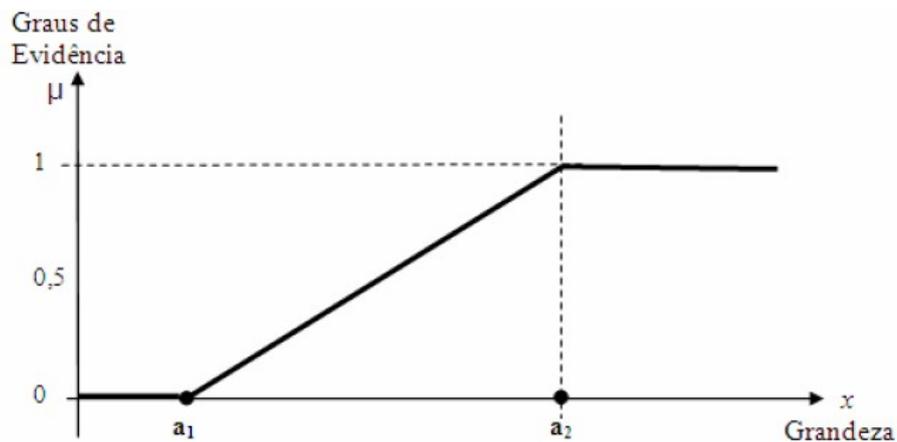


Figura 23: Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida (da Silva Filho, 2008)

Os valores do sensor *Strain Gauge* foram classificados, correspondente ao seu funcionamento com os limites abaixo:

$0 < x < 0,5$ – intervenção humana

$0,5 \leq x \leq 1$ - Tratamento de falhas

Sensor 4: Acelerômetro

A intensidade do Acelerômetro é dado em m/s^2 , na qual um valor normalizado igual a 1,0; equivale a uma aceleração máxima e igual a 0,0; equivale a ausência de aceleração.

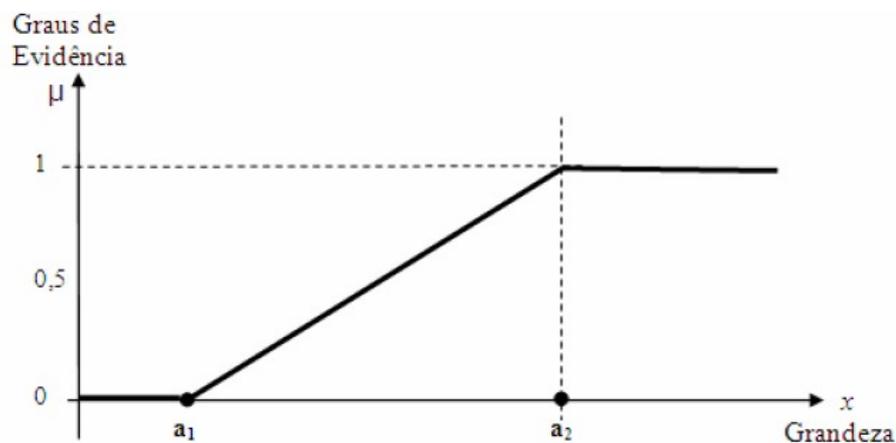


Figura 24: Valoração do Grau de Evidencia com variação linear e diretamente proporcional a grandeza medida(da Silva Filho, 2008)

Os valores do sensor acelerômetro foram classificados, correspondente ao seu funcionamento com os limites abaixo:

$0 < x < 0,5$ – intervenção humana

$0,5 \leq x \leq$ - Tratamento de falhas

A figura 25 mostra como é feito o mecanismo de realimentação dos NAPs.

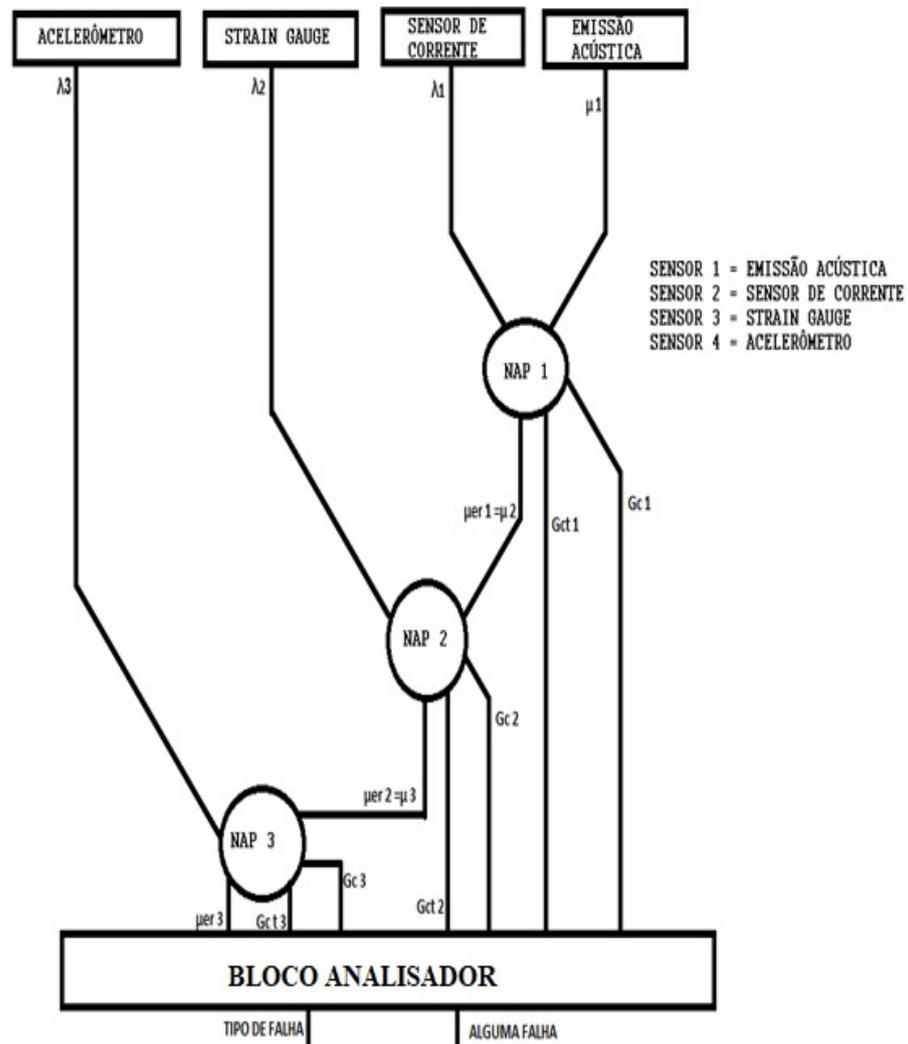


Figura 25 - Realimentação dos Naps.

Após a padronização, inicia-se o ciclo da análise do diagnóstico e tratamento de falhas feitas pela realimentação do nó de análise paraconsistente na camada dos sensores. Os sensores de Corrente e Emissão Acústica representam, respectivamente, os valores de entrada μ_1 e λ_1 , que alimentam o NAP 1, resultando no valor de saída (s_1), que por sua vez, é transformado no valor de entrada μ_2 , que juntamente com o sensor Strain Gauge (S.G.), representado pelo valor de entrada λ_2 , realimentará o NAP 2, resultando no valor de saída (s_2). O valor de saída será transformado no valor

de entrada μ_3 , que juntamente com o sensor acelerômetro, representado pelo valor de entrada λ_3 , realimentará o NAP 3, resultando no valor de saída normalizado (s_3). O bloco analisador por sua vez, é responsável por apresentar se existe ou não a ausência de falhas e qual sensor apresentam imprecisão. Esse diagnóstico considera o G_c e G_{ct} de cada NAP e o μ_{er3} , para a tomada decisão e intervenção humana, conforme segue o padrão dos valores de saídas, já tabelados.

Na tabela 2, são apresentados os padrões para os valores de saída que indicam falhas em apenas um dos sensores.

Tabela 2 - Padrão para valores de saída que indicam falhas em apenas um sensor

	NAP 1	NAP 2	NAP 3	FALHA NO SENSOR
G_c	+	-	-	1
G_{ct}	+ /-	+ /-	+ /-	
Saída	$\mu_{er} > 0,5$	$\mu_{er} < 0,5$	$\mu_{er} < 0,5$	
G_c	-	-	-	2
G_{ct}	+ /-	+ /-	+ /-	
Saída	$\mu_{er} < 0,5$	$\mu_{er} < 0,5$	$\mu_{er} < 0,5$	
G_c	+ /-	+ /-	+ /-	3
G_{ct}	+	-	+	
Saída	$\mu_{er} > 0,35$	$\mu_{er} > 0,45$	$0,3 > \mu_{er} > 0,55$	
G_c	+ /-	+ /-	+ /-	4
G_{ct}	+	+	-	
Saída	$\mu_{er} > 0,35$	$\mu_{er} < 0,6$	$0,3 > \mu_{er} < 0,7$	

Pode-se observar que os valores de saída são analisados individualmente por cada NAP, junto com os valores do G_c e G_{ct} , identificando falhas em um dos sensores.

Quando os valores do G_c do NAP 1, Nap 2 e Nap 3 representam respectivamente valores positivos, negativos e negativos, com G_{ct} oscilando com resultados positivos e negativos, identifica-se falha no sensor 1.

Quando os valores do G_c do NAP 1, Nap 2 e Nap 3 representam respectivamente valores negativos, negativos e negativos, com G_{ct} oscilando com resultados positivos e negativos, identifica-se falha no sensor 2.

Quando os valores do G_{ct} do NAP 1, Nap 2 e Nap 3 representam respectivamente valores positivos, negativos e positivos, com G_c oscilando com resultados positivos e negativos, identifica-se falha no sensor 3.

Quando os valores do G_{ct} do NAP 1, Nap 2 e Nap 3 representam respectivamente valores positivos, positivos e negativos, com G_c oscilando com resultados positivos e negativos, identifica-se falha no sensor 4.

Na tabela 3, são apresentados os padrões para os valores de saída que indicam falhas em dois sensores simultaneamente.

Tabela 3 – Padrão para valores de saída que indicam falhas em dois sensores simultaneamente

	NAP 1	NAP 2	NAP 3	FALHAS NOS SENSORES
G_c	+ /-	-	-	1 e 2
G_{ct}	-	+ /-	+	
Saída	$0,3 > \mu > 0,6$	$0,25 > \mu > 0,55$	$0,35 > \mu > 0,38$	
G_c	+	+	-	1 e 3
G_{ct}	+ /-	+ /-	+	
Saída	$0,5 > \mu > 1$	$0,25 > \mu > 0,55$	$0,3 > \mu > 0,4$	
G_c	+	+ /-	+ /-	1 e 4
G_{ct}	+ /-	+	-	
Saída	$0,5 > \mu > 1$	$0,25 > \mu > 0,55$	$0,4 > \mu > 0,6$	
G_c	-	+ /-	+ /-	2 e 3
G_{ct}	-	-	+ /-	
Saída	$0 > \mu > 0,4$	$0,3 > \mu > 0,7$	$0,25 > \mu > 0,55$	
G_c	-	-	+ /-	2 e 4
G_{ct}	+ /-	+ /-	-	
Saída	$0 > \mu > 0,4$	$0 > \mu > 0,4$	$0,3 > \mu > 0,6$	
G_c	+ /-	+ /-	+ /-	3 e 4
G_{ct}	+	+ /-	+	
Saída	$0,3 > \mu > 0,6$	$0,45 > \mu > 0,7$	$0,3 > \mu > 0,55$	

Pode-se observar que os valores de saída são analisados individualmente por cada NAP, junto com os valores do G_c e G_{ct} , identificando falhas em dois sensores simultâneos.

Quando os valores do G_c do NAP 1, forem oscilantes entre positivos e negativos e os valores do G_c do Nap 2 e Nap 3 apresentar apenas negativos, com G_{ct} do NAP 2 oscilando entre resultados positivos e negativos e G_{ct} do NAP 1 e NAP 3 forem, respectivamente negativos e positivos, identifica-se falha nos sensores 1 e 2.

Quando os valores do G_c do NAP 1, NAP 2 e NAP 3, apresentar respectivamente valores positivos, positivos, com G_{ct} do NAP 1 e NAP 2 oscilando entre resultados positivos e negativos e G_{ct} do NAP 3 for negativo, identifica-se falha nos sensores 1 e 3.

Quando os valores do G_c do NAP 1 for positivo e dos NAP 2 e NAP 3 apresentar oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 1 e no NAP 2 e NAP 3, apresentar respectivamente, valores positivos e negativos, identifica-se falha nos sensores 1 e 4.

Quando os valores do G_c do NAP 1 for negativo e dos NAP 2 e NAP 3 apresentar oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 1 e no NAP 2 e NAP 3, apresentar respectivamente, valores positivos e negativos, identifica-se falha nos sensores 2 e 3.

Quando os valores do G_c dos NAP 1 e 2, forem respectivamente positivos e negativos e no NAP 3 apresentar oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 1 e NAP 2 e no NAP 3, apresentar valores negativos, identifica-se falha nos sensores 2 e 4.

Quando os valores do G_c do NAP 1 for negativo e dos NAP 2 e NAP 3 apresentar oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 1 e no NAP 2 e NAP 3, apresentar respectivamente, valores positivos e negativos, identifica-se falha nos sensores 2 e 3.

Quando os valores do G_c dos NAP 1, 2 e 3, apresentarem oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 2 e no NAP 1 e 3, apresentar valores positivos em ambos, identifica-se falha nos sensores 3 e 4.

Na tabela 4, são apresentados os padrões para os valores de saída que indicam falhas em três sensores simultaneamente.

Tabela 4 – Padrão para valores de saída que indicam falhas em três sensores simultaneamente.

	NAP 1	NAP 2	NAP 3	FALHAS NOS SENSORES
G_c	+ /-	+ /-	+ /-	1, 2 e 3
G_{ct}	-	+ /-	+ /-	
Saída	0,35 > μ er > 0,6	0,4 > μ er > 0,7	0,3 > μ er > 0,55	
G_c	+ /-	+ /-	+ /-	1, 2 e 4
G_{ct}	-	+ /-	-	
Saída	0,35 > μ er > 0,6	0,25 > μ er > 0,6	0,4 > μ er > 0,6	
G_c	+	+	+	1, 3 e 4
G_{ct}	+ /-	+ /-	+ /-	
Saída	0,5 > μ er > 1	0,5 > μ er > 1	0,5 > μ er > 1	
G_c	-	+ /-	+ /-	2, 3 e 4
G_{ct}	+ /-	-	+ /-	
Saída	0 > μ er > 0,45	0,35 > μ er > 0,7	0,4 > μ er > 0,75	

Pode-se observar que os valores de saída são analisados individualmente por cada NAP, junto com os valores do G_c e G_{ct}, identificando falhas em três sensores simultâneos.

Quando os valores do G_c dos NAP 1, 2 e 3, apresentarem oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 2 e 3 e no NAP 1, apresentar valores apenas negativos, identifica-se falha nos sensores 1,2 e 3.

Quando os valores do G_c dos NAP 1, 2 e 3, apresentarem oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 2 e nos NAP 1 e 3, apresentarem valores negativos em ambos, identifica-se falha nos sensores 1,2 e 4.

Quando os valores do G_c dos NAP 1, 2 e 3, apresentarem apenas os valores de saída positivos, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos nos NAP 1, 2 e 3, identifica-se falha nos sensores 1,3 e 4.

Quando os valores do G_c do NAP 1 for negativo e dos NAP 2 e NAP 3 apresentarem oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos no NAP 1 e 3 e no NAP 2 apresentar apenas valores negativos, identifica-se falha nos sensores 2, 3 e 4.

Na tabela 5, são apresentados os padrões para os valores de saída que indicam falhas em quatro sensores simultaneamente.

Tabela 5 - Padrão para valores de saída que indicam falhas em quatro sensores simultaneamente.

	NAP 1	NAP 2	NAP 3	FALHAS NOS SENSORES
G_c	+ /-	+ /-	+	1,2,3 e 4
G_{ct}	-	+ /-	+ /-	
Saída	0,35 > μ _{er} > 0,6	0,4 > μ _{er} > 0,7	0,4 > μ _{er} > 0,8	

Quando os valores do G_c do NAP 3 for positivo e dos NAP 2 e 3 apresentar oscilações nos valores de saída entre positivo e negativo, com G_{ct} oscilando entre resultados positivos e negativos nos NAP 2 e 3 e no NAP 1 apresentar apenas valores negativos, identifica-se falha geral, ou seja, em todos os sensores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O diagnóstico e tratamento de falhas são dados pela realimentação dos NAPs, inicializando pelo NAP1, com os valores de entrada μ_1 e λ_1 , que correspondem respectivamente, aos sensores de emissão acústica e sensor de corrente, cujo o resultado é transformado em μ_2 e junto com λ_2 proveniente do sensor de *Strain Gauge* realimentam o NAP2, gerando o valor de saída, que por sua vez é convertido em μ_3 e junto com λ_3 , derivado do sensor acelerômetro, resulta no valor de saída que para a tomada de decisão, será analisado juntos com o G_c e G_{ct} de cada NAP, pelo bloco analisador que fará a conversão informando a necessidade ou não da intervenção humana, apontado qual é o alicerce da falha.

Segue os ensaios, realimentados por cada NAP, apontando a detecção de falhas apresentadas pelos sensores.

3.1. Ensaio 1 – Falha no SENSOR 1

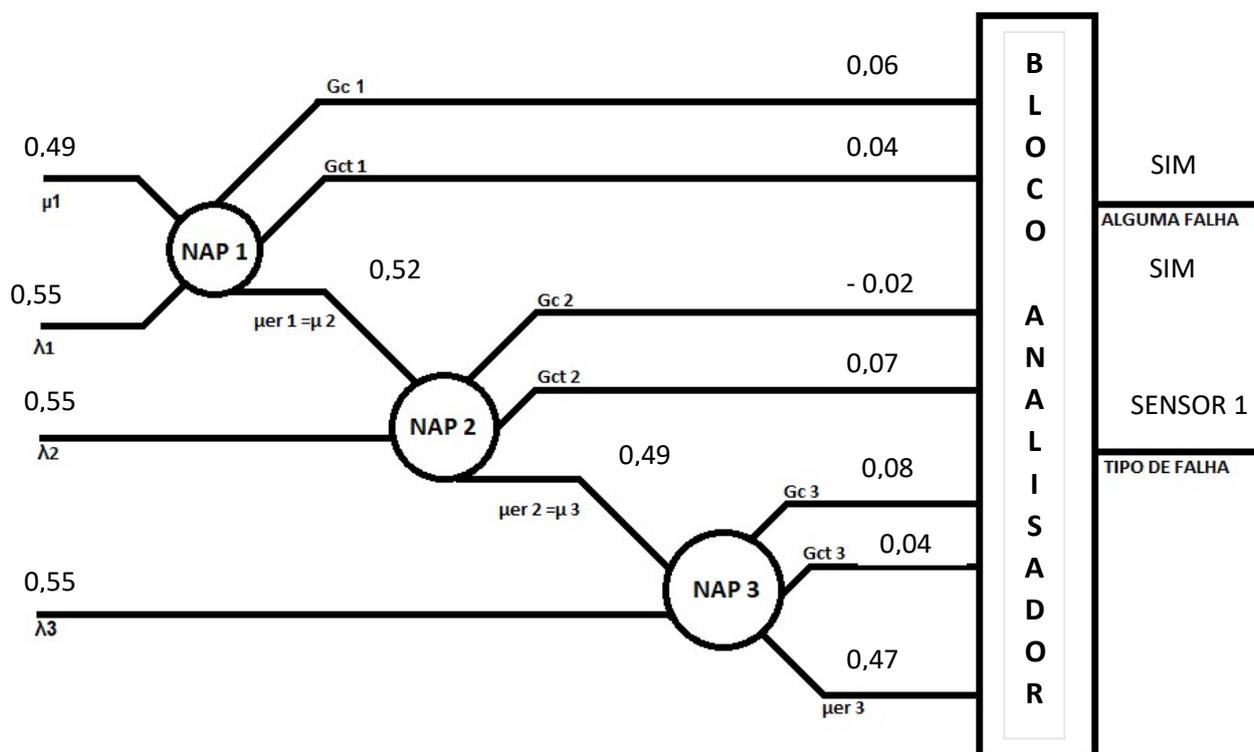


Figura 26- Ensaio 1 – Falha no sensor 1 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,06 e 0,04 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,02 e 0,07 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,08 e 0,04 e valor de saída 0,47. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 1.

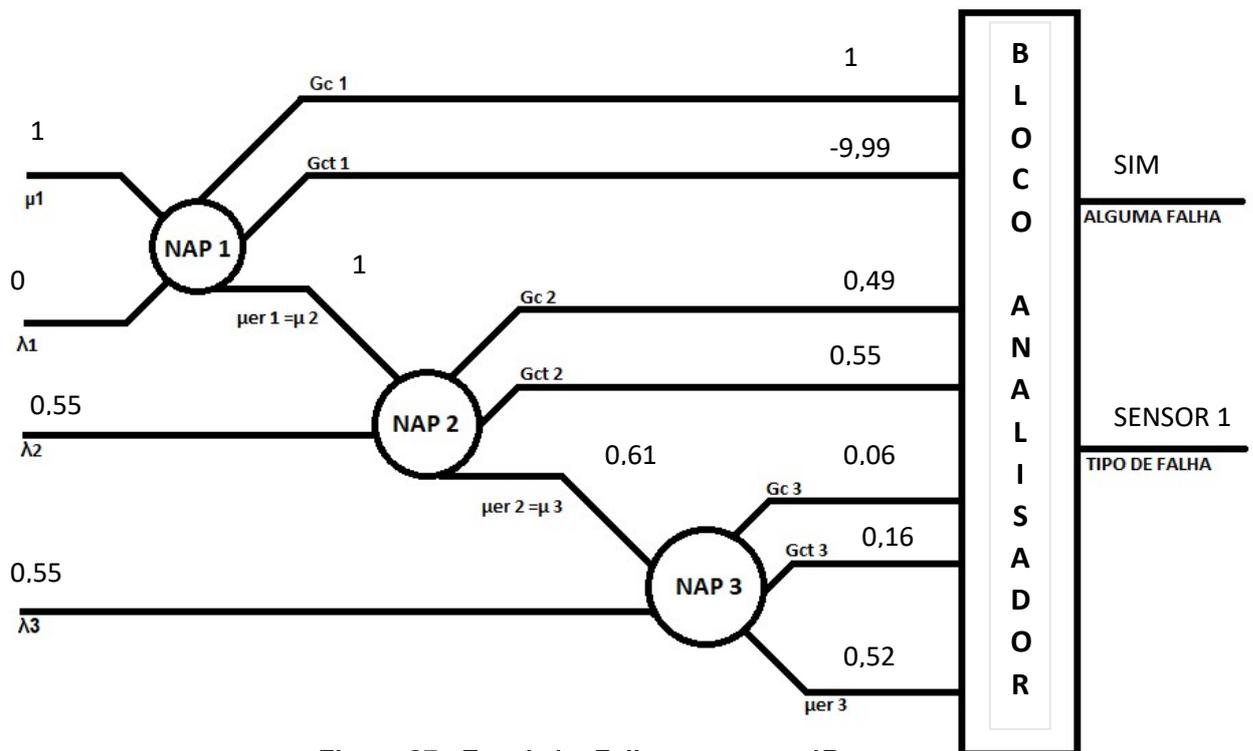


Figura 27 - Ensaio1 – Falha no sensor 1B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 1 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 1 e -9,99 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,49 e 0,55 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,06 e 0,16 e valor de saída 0,52. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 1.

3.2. Ensaio 2 – Falha no SENSOR 2

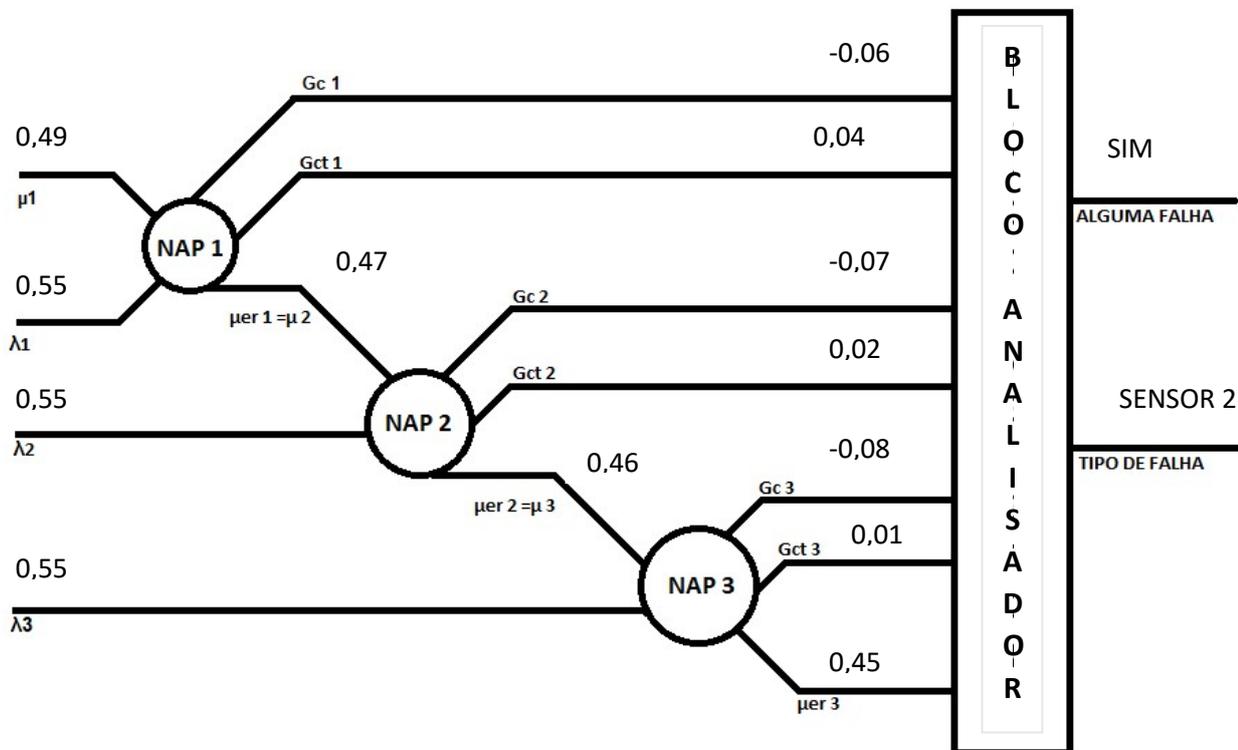


Figura 28 - Ensaio2 – Falha no sensor 2A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,06 e 0,04 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,07 e 0,02 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,08 e 0,01 e valor de saída 0,45. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 2.

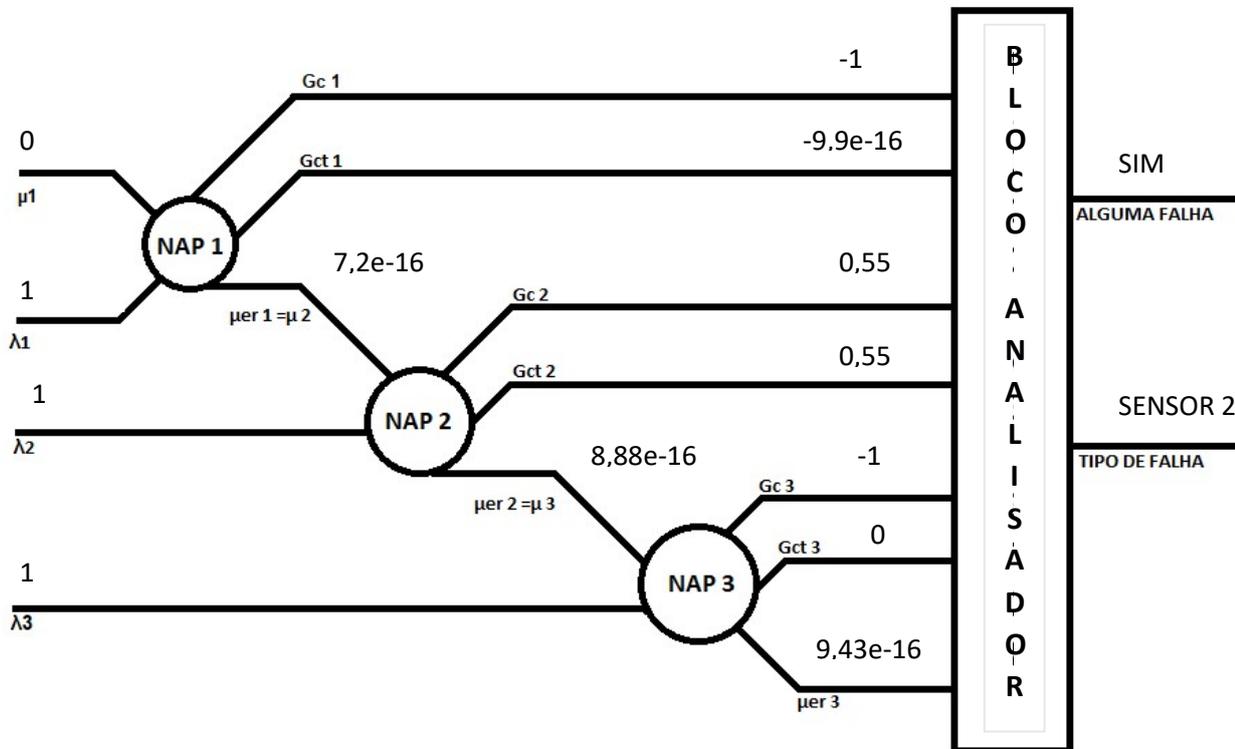


Figura 29- Ensaio2 – Falha no sensor 2 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e $-9,9e-16$ e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 1, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e valor de saída $9,43e-16$. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 2.

3.3. Ensaio 3 – Falha no SENSOR 3

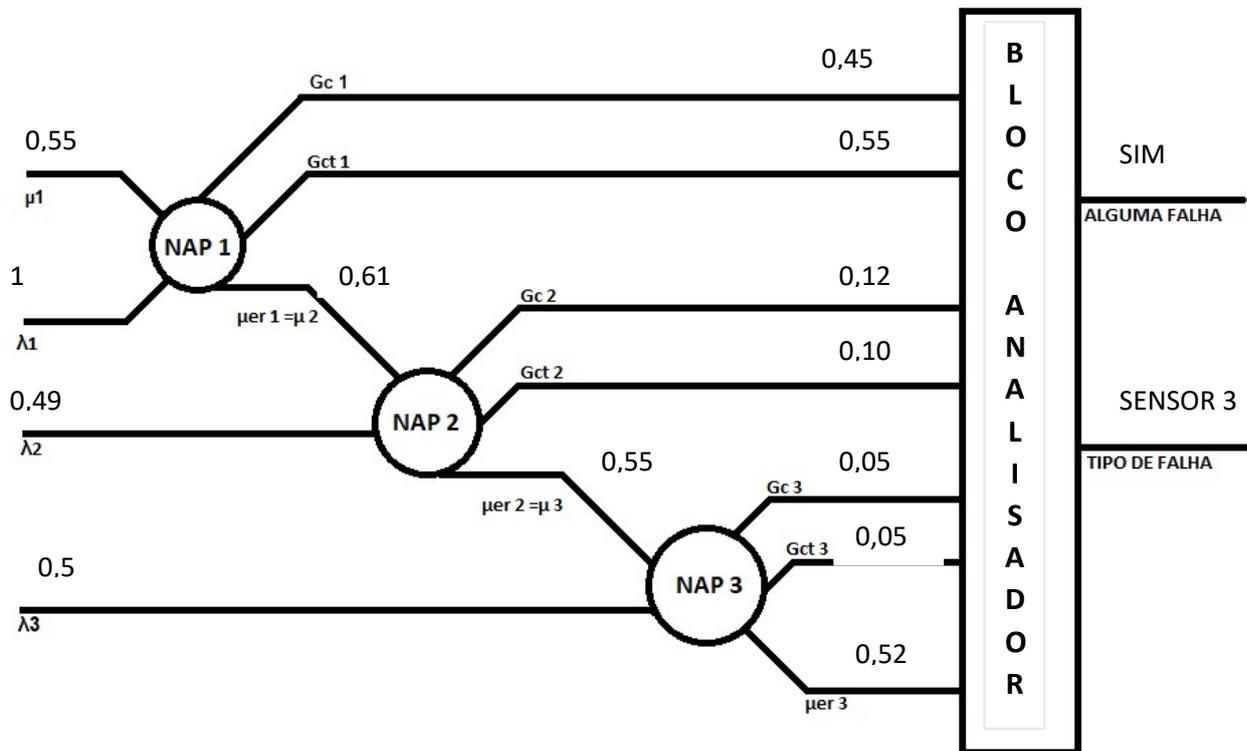


Figura 30 - Ensaio3 – Falha no sensor 3 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,45 e 0,55 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,10 e 0,12 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,05 e 0,45 e valor de saída 0,32. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 3.

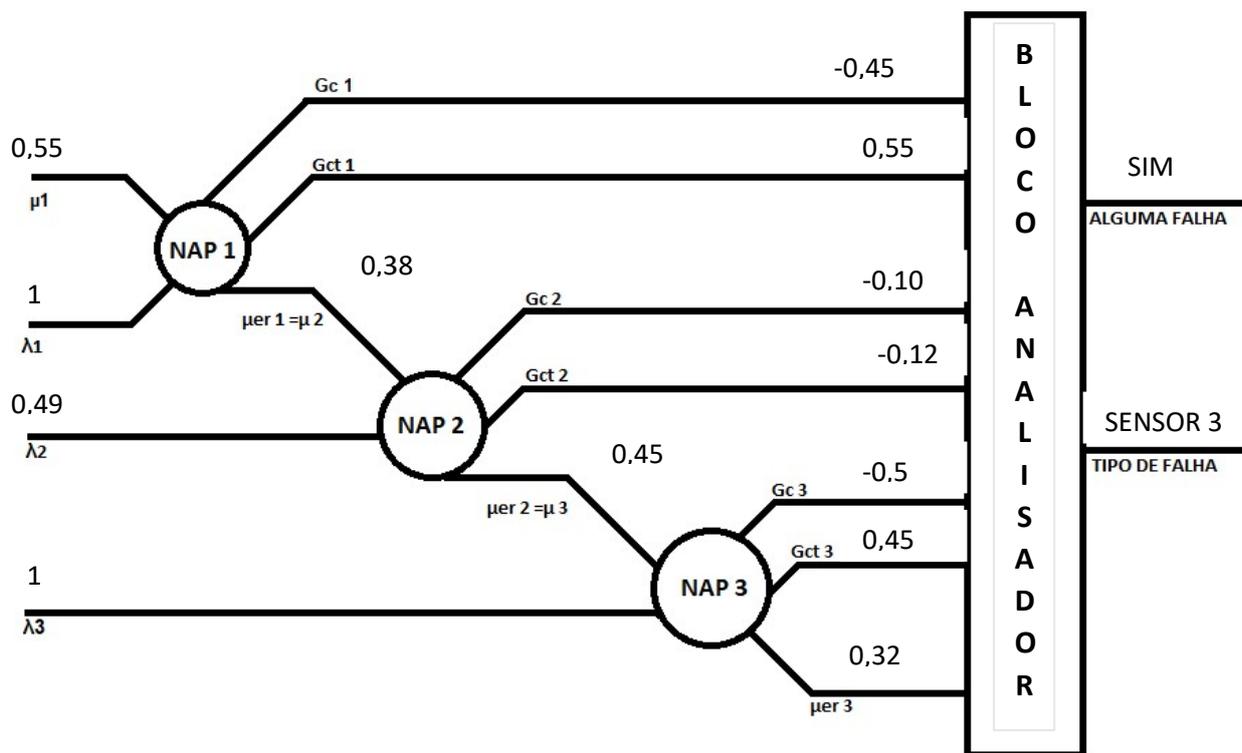


Figura 31 - Ensaio 3 – Falha no sensor 3 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,45 e 0,55 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,10 e -0,12 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,5 e 0,45 e valor de saída 0,32. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 3.

3.4. Ensaio 4 – Falha no SENSOR 4

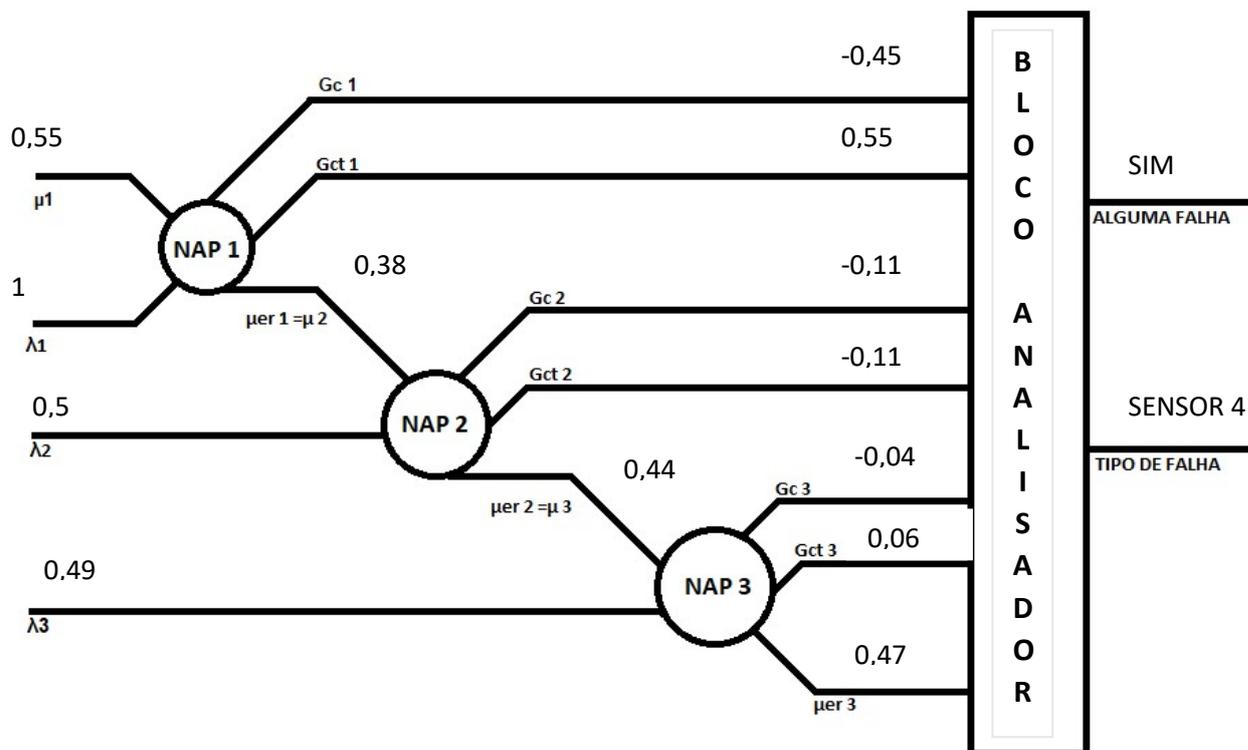


Figura 32 - Ensaio4 – Falha no sensor 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,45 e 0,55 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,5, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,11 e -0,11 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,5, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,04 e 0,06 e valor de saída 0,47. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 4.

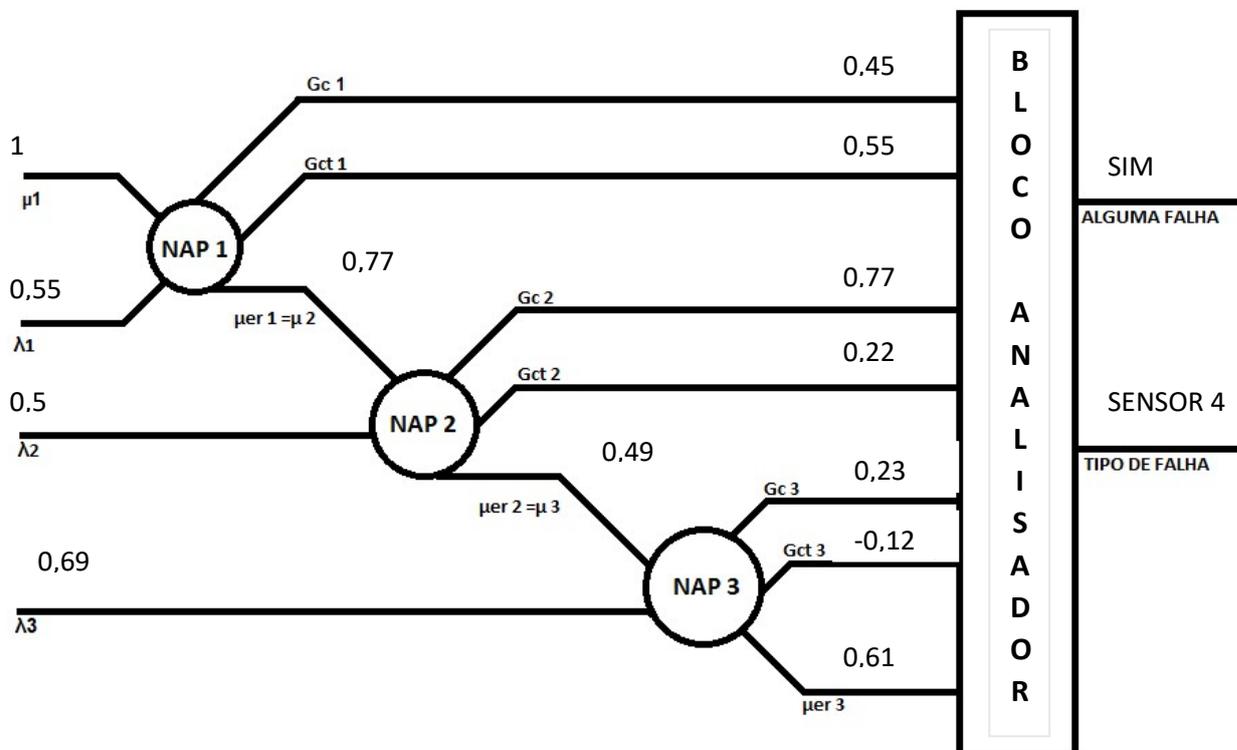


Figura 33 - Ensaio4 – Falha no sensor 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,45 e 0,55 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,11 e -0,11 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,5, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,04 e -0,06 e valor de saída 0,47. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falha no sensor 4.

3.5. Ensaio 5 – Falhas nos SENSORES 1 e 2

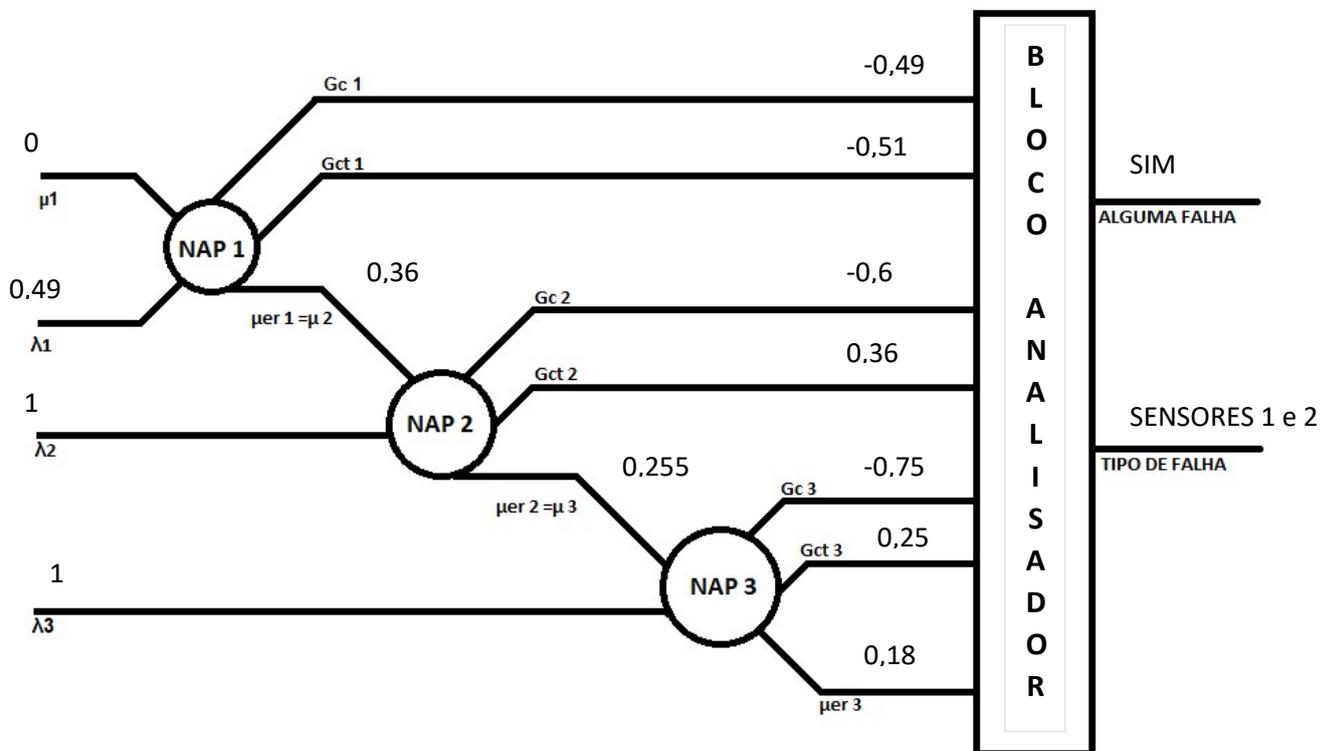


Figura 34 - Ensaio5 – Falhas nos sensores 1 e 2 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e -0,51 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 1, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,06 e 0,36 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,75 e 0,25. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 2.

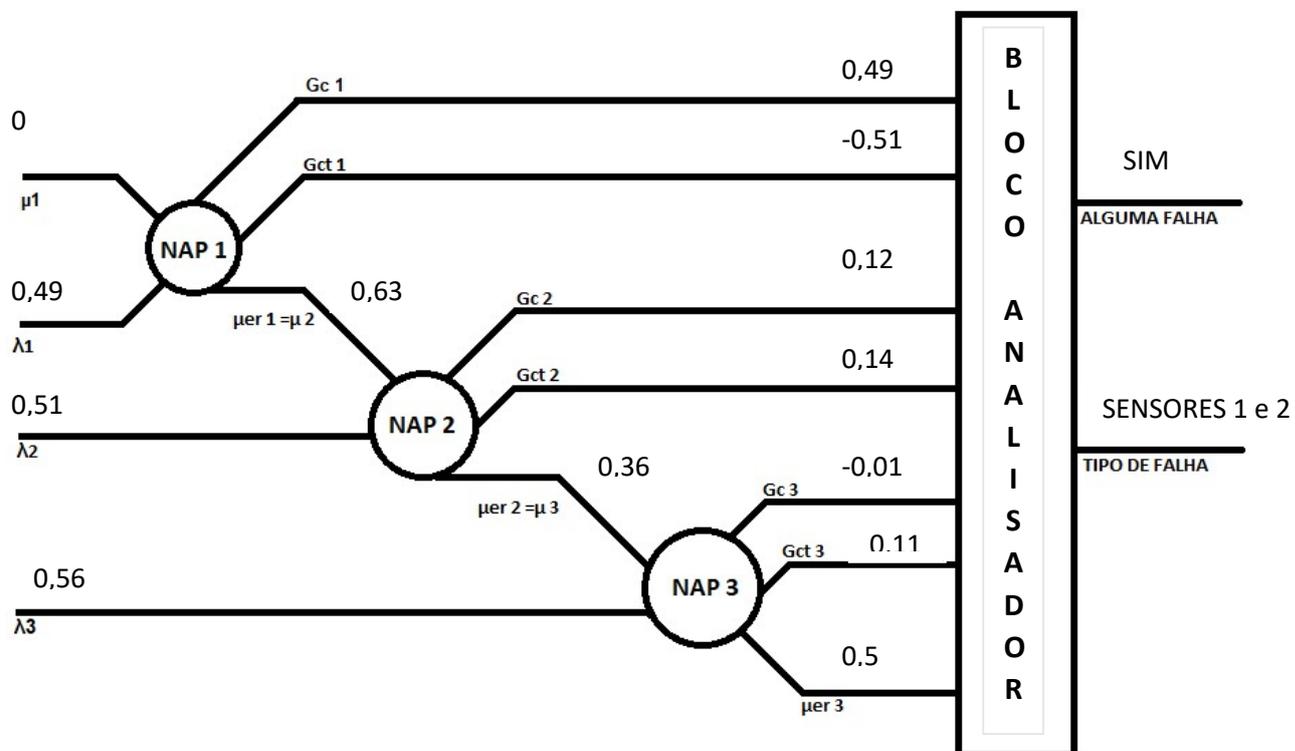


Figura 35 - Ensaio5 – Falhas nos sensores 1 e 2 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0e 0,49 respectivamente para $\mu 1$ e $\lambda 1$, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,49 e -0,51 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como $\mu 2$ e o valor de 0,51, referente a $\lambda 2$, tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,12 e 0,14 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como $\mu 3$ e o valor de 0,56, referente a $\lambda 3$, tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,01 e 0,11 e valor de saída 0,5. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 2.

3.6. Ensaio 6 – Falhas nos SENSORES 1 e 3

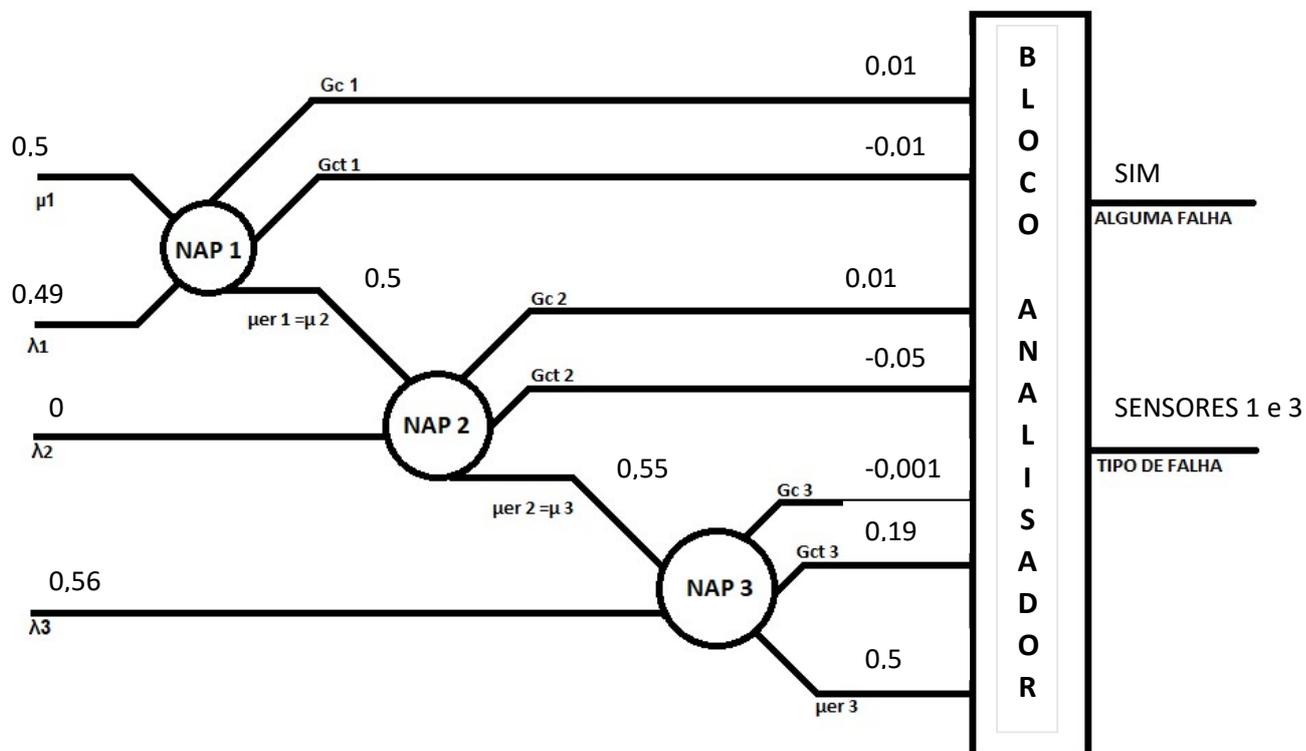


Figura 36 -Ensaio 6 – Falhas nos sensores 1 e 3 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,5 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,01 e -0,01 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,01 e 0,05 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,56, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,001 e 0,19 e valor de saída 0,5. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 3.

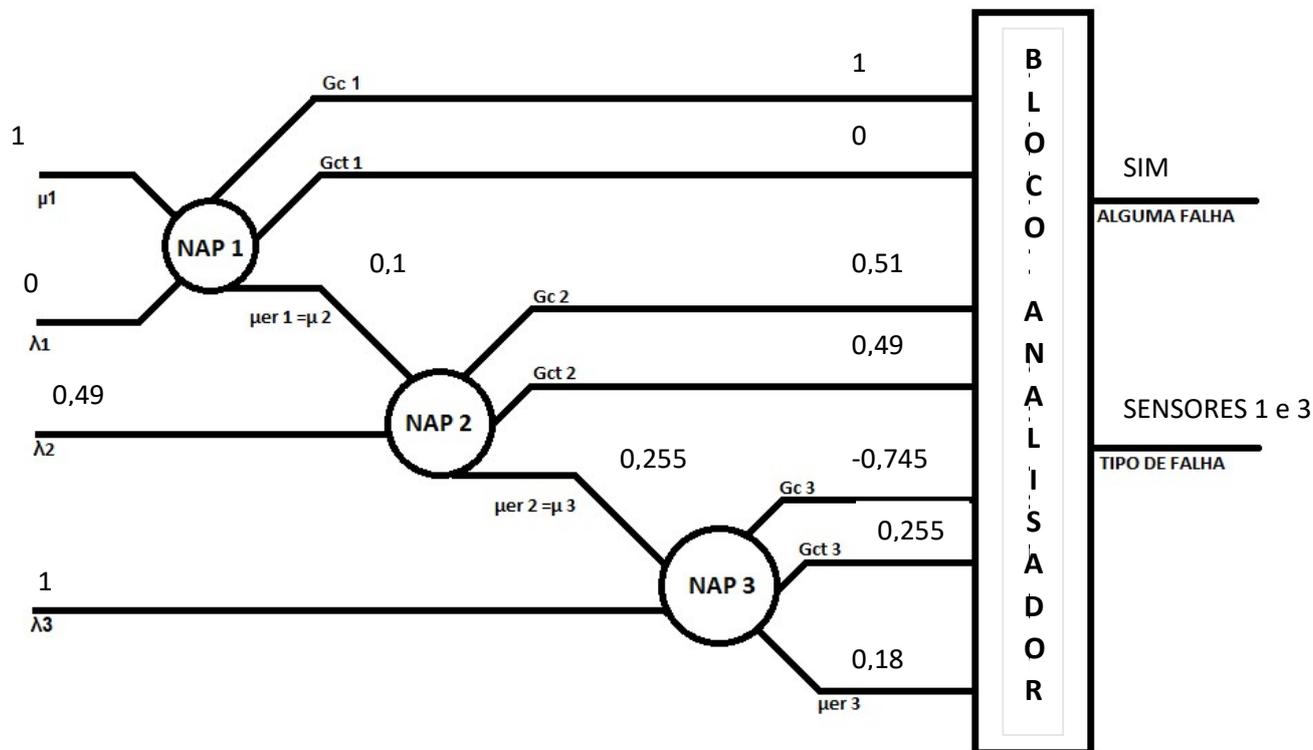


Figura 37 - Ensaio6 – Falhas nos sensores 1 e 3 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 1 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 1 e 0 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,51 e 0,49 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,745 e 0,255 e valor de saída 0,18. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 3.

3.7. Ensaio 7 – Falhas nos SENSORES 1 e 4

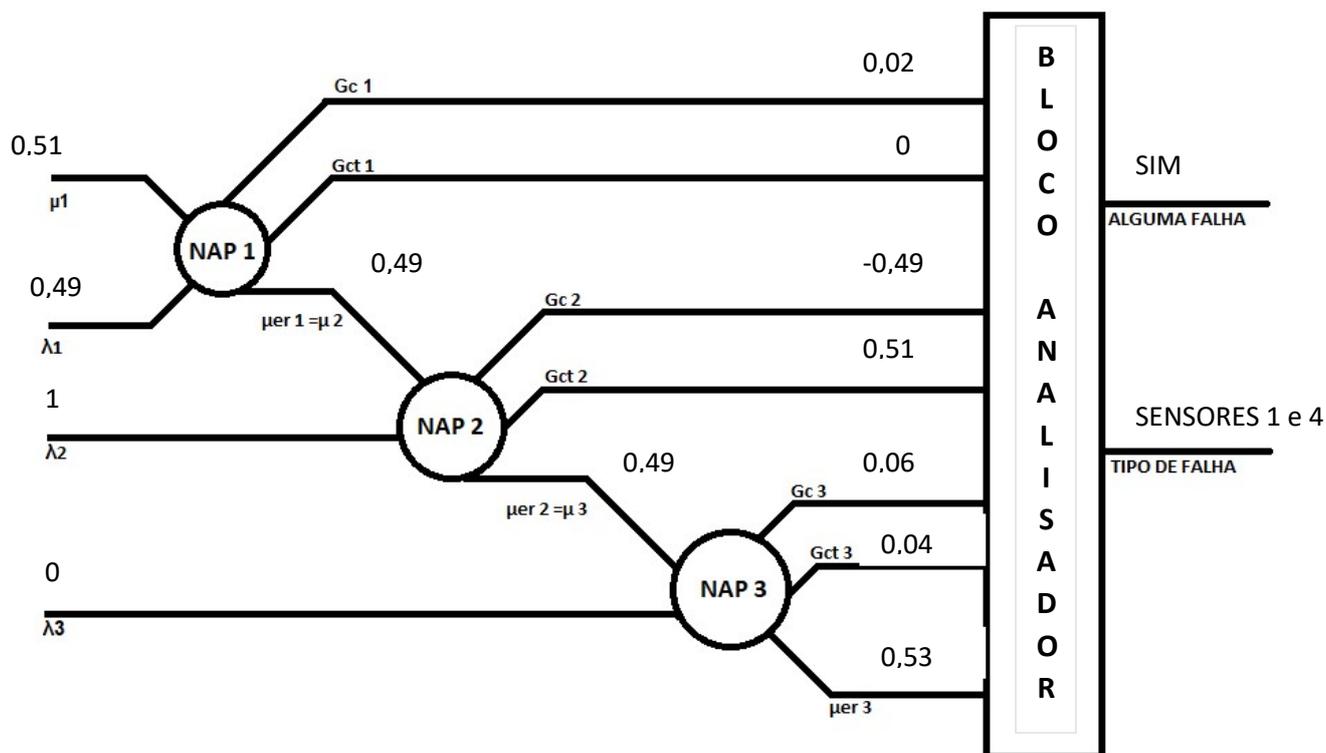


Figura 38 -Ensaio 7 – Falhas nos sensores 1 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,51 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,02 e 0 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 1, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e 0,51 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,06 e 0,04 e valor de saída 0,53. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 4.

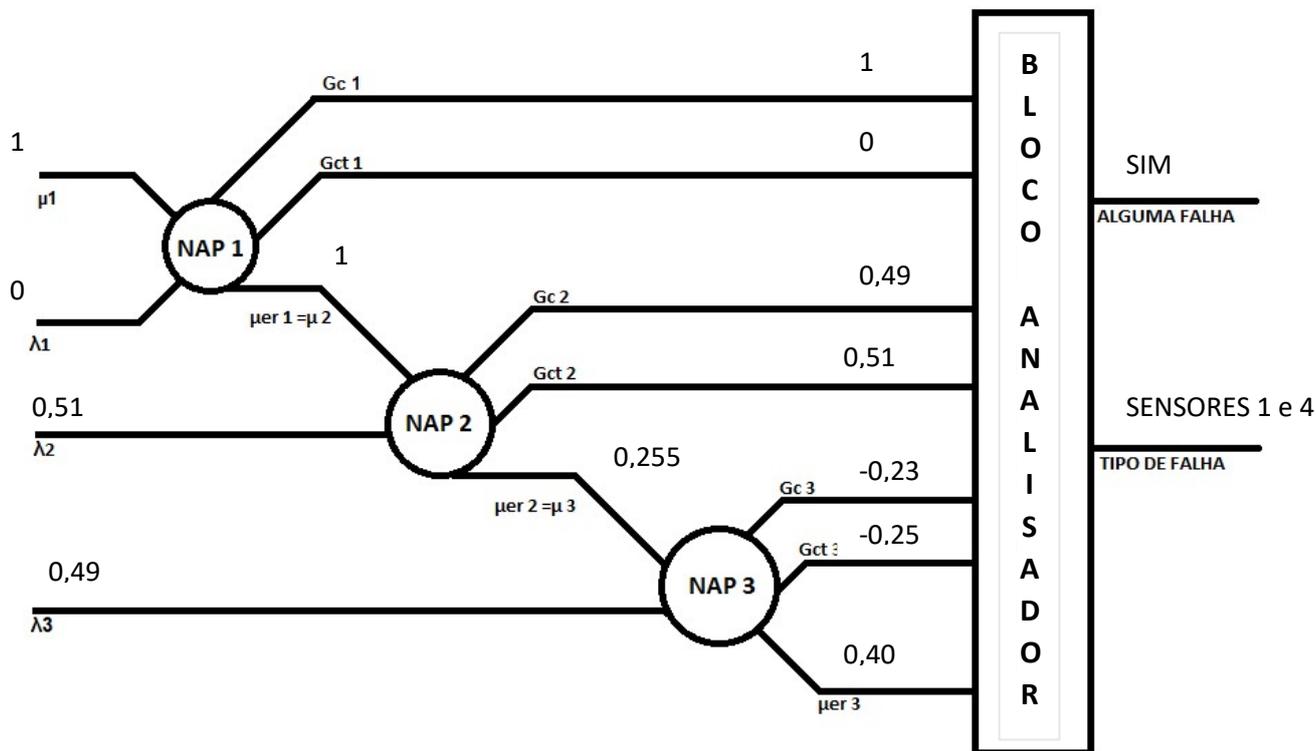


Figura 39 -Ensaio 7– Falhas nos sensores 1 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e μ_1 . Reutiliza-se μ_1 como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0 e -1 e μ_2 . Reutiliza-se μ_2 como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,15 e 0,25 e valor de saída 0,55. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1 e 4.

3.8. Ensaio 8 – Falhas nos SENSORES 2 e 3

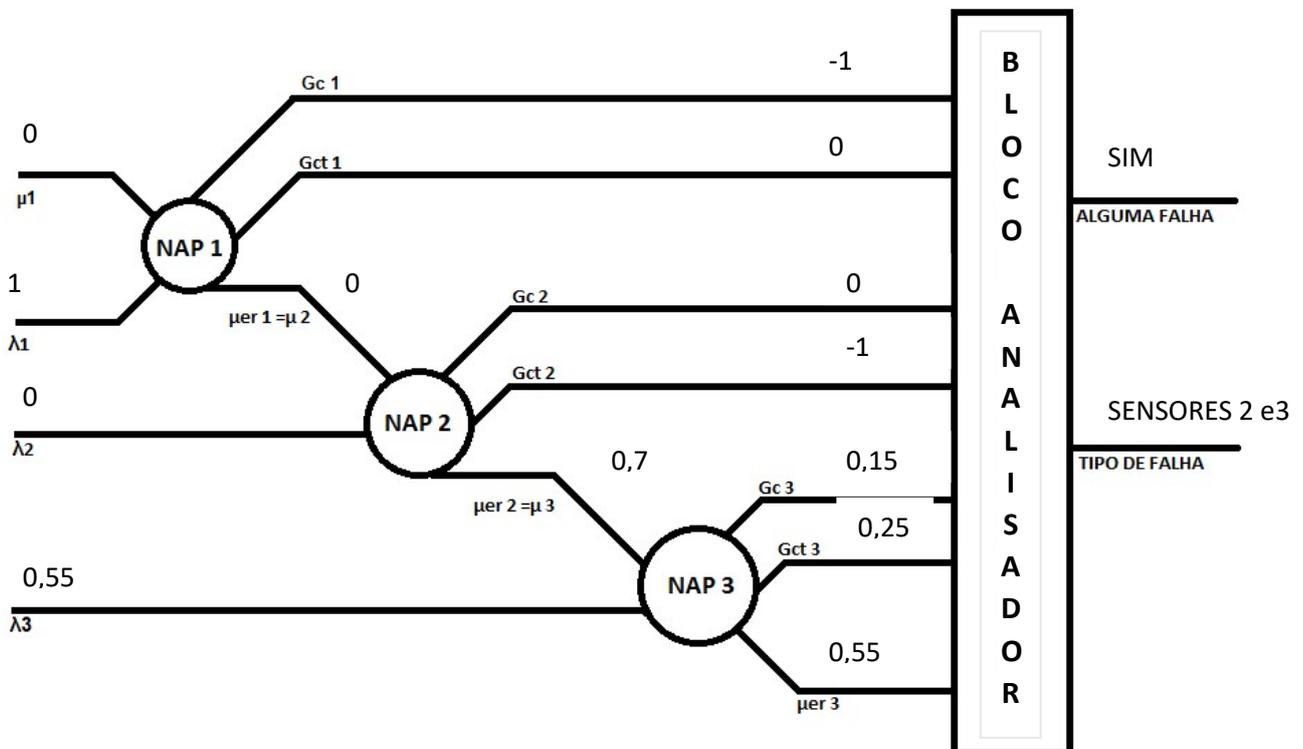


Figura 40 - Ensaio8 – Falhas nos sensores 2 e 3 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0 e -1 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,15 e 0,25. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2 e 3.

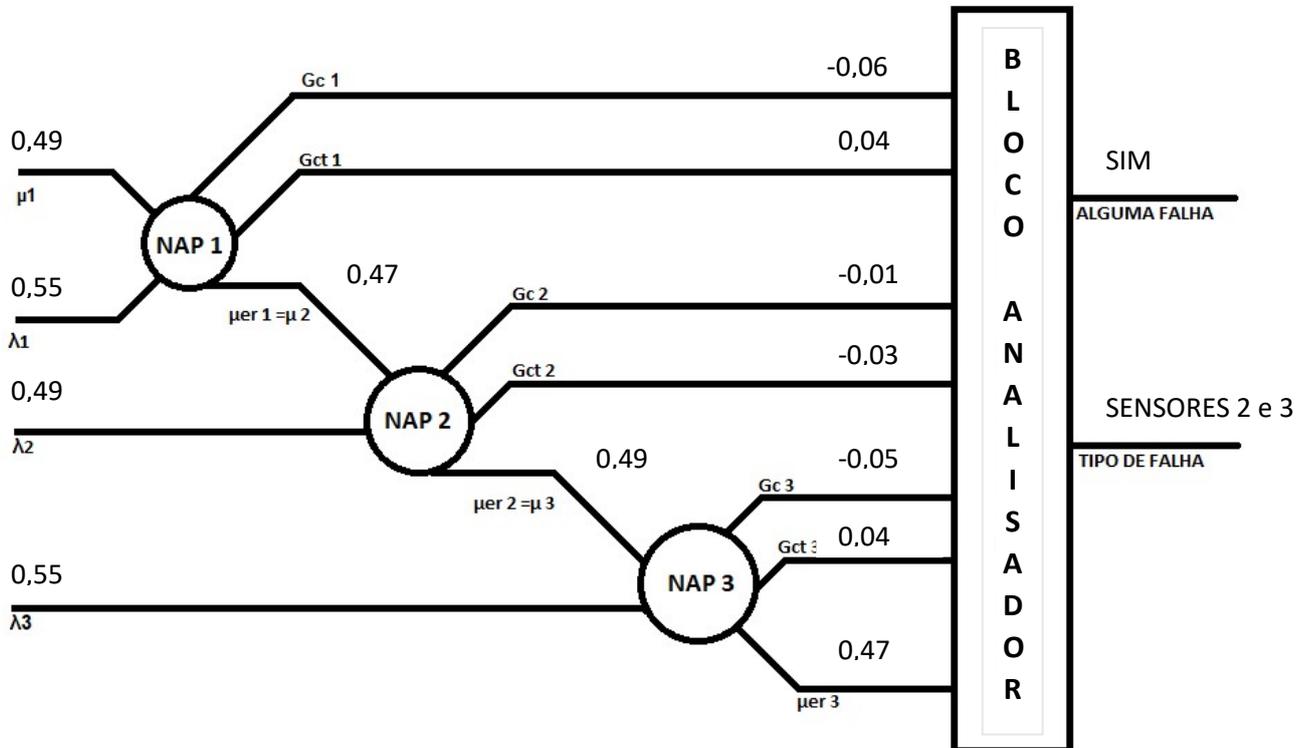


Figura 41 -Ensaio 8 – Falhas nos sensores 2 e 3 B.

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,06 e 0,04 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,01 e -0,03 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,05 e 0,04 e valor de saída 0,47. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2 e 3.

3.9. Ensaio 9 – Falhas nos SENSORES 2 e 4

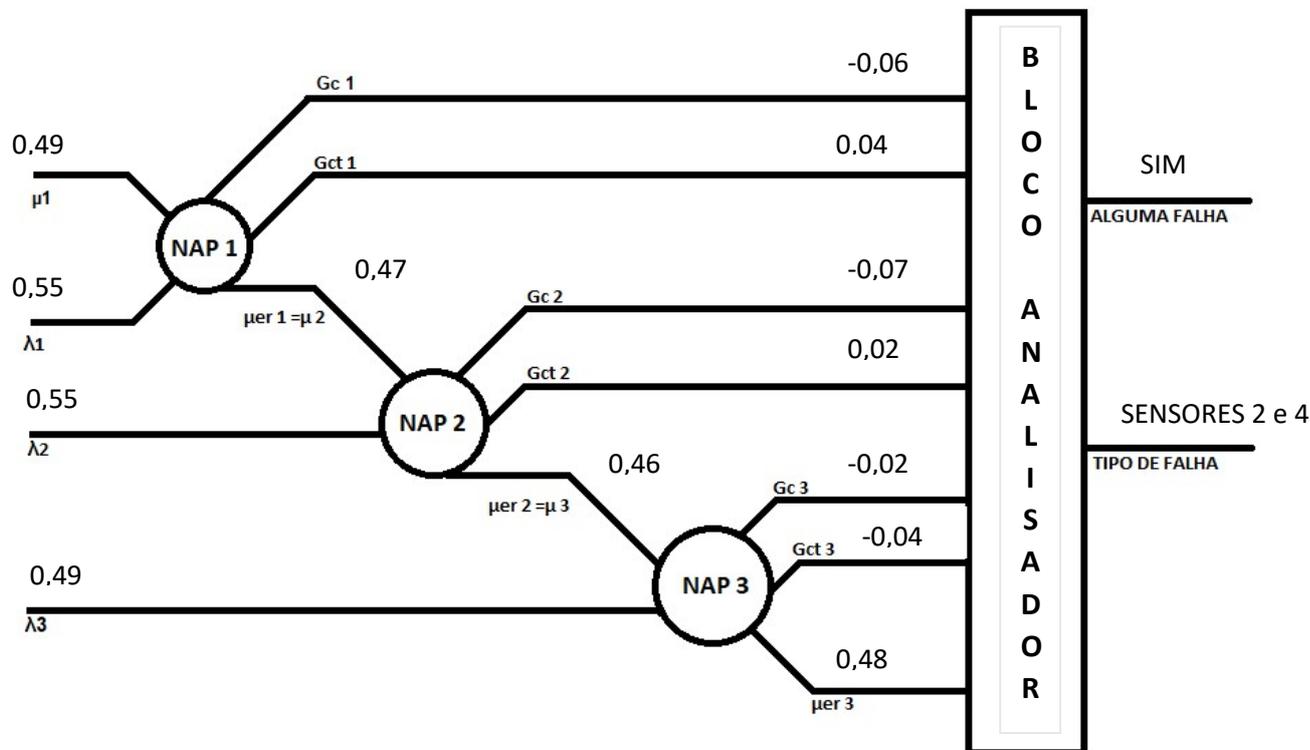


Figura 42 - Ensaio9 – Falhas nos sensores 2 e 4 A.

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,06 e 0,04 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,07 e 0,02 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,02 e -0,04 e valor de saída 0,48. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2 e 4.

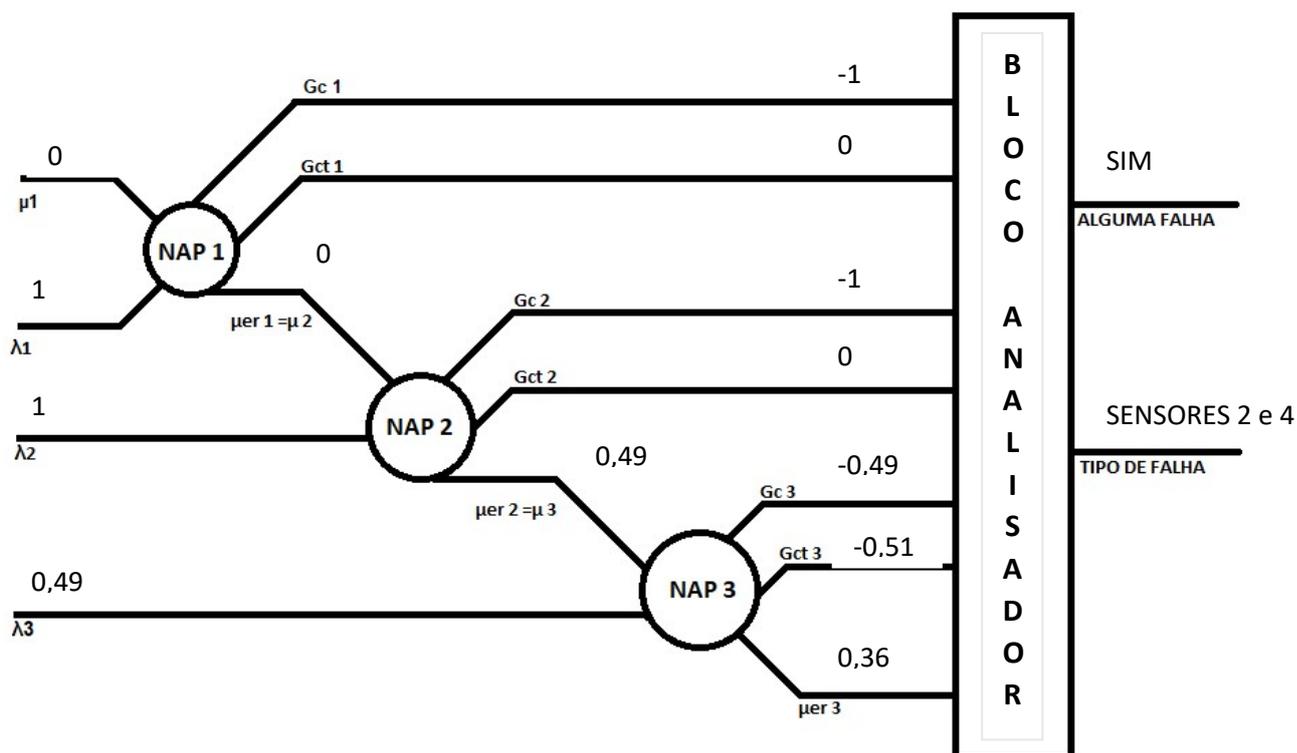


Figura 43 - Ensaio9 – Falhas nos sensores 2 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 1, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e -0,51 e valor de saída 0,36. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2 e 4.

3.10. Ensaio 10 – Falhas nos SENSORES 3 e 4

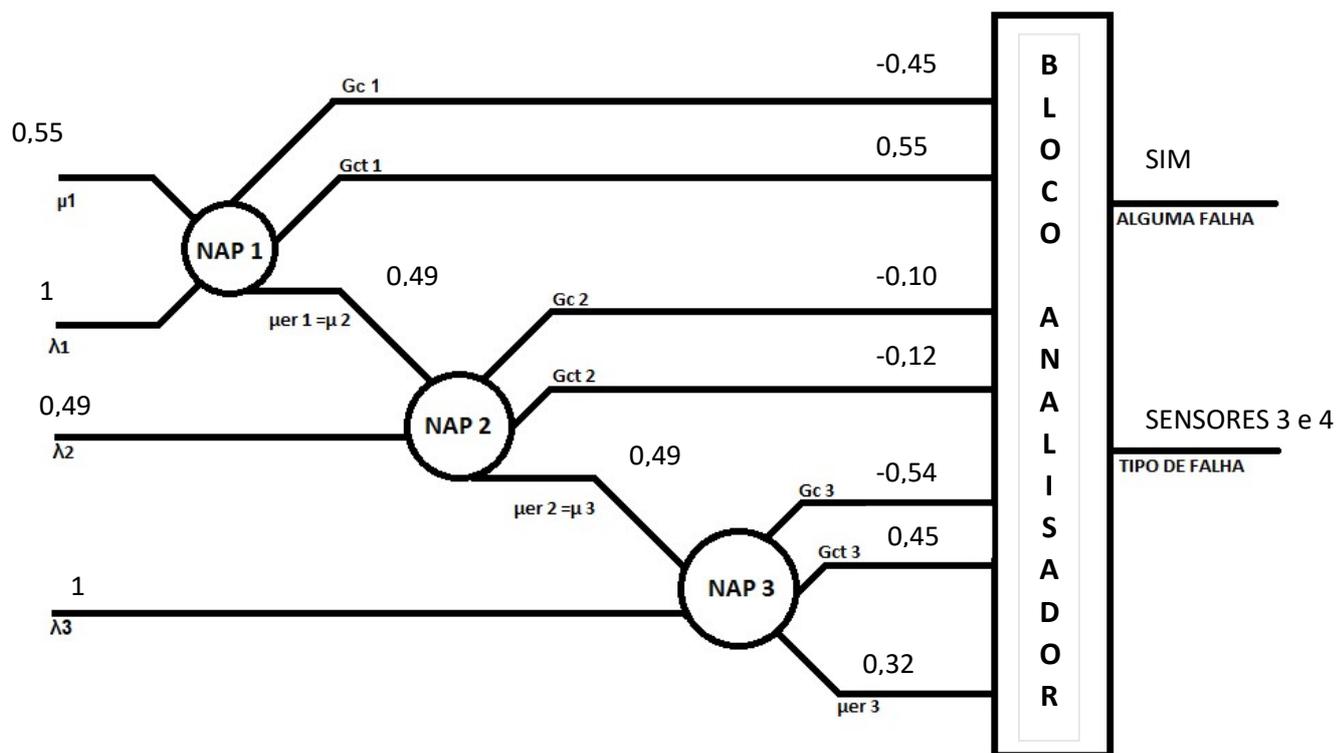


Figura 44 -Ensaio 10 – Falhas nos sensores 3 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,45 e 0,55 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,55, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,10 e -0,12 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,54 e 0,45 e valor de saída 0,32. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 3 e 4.

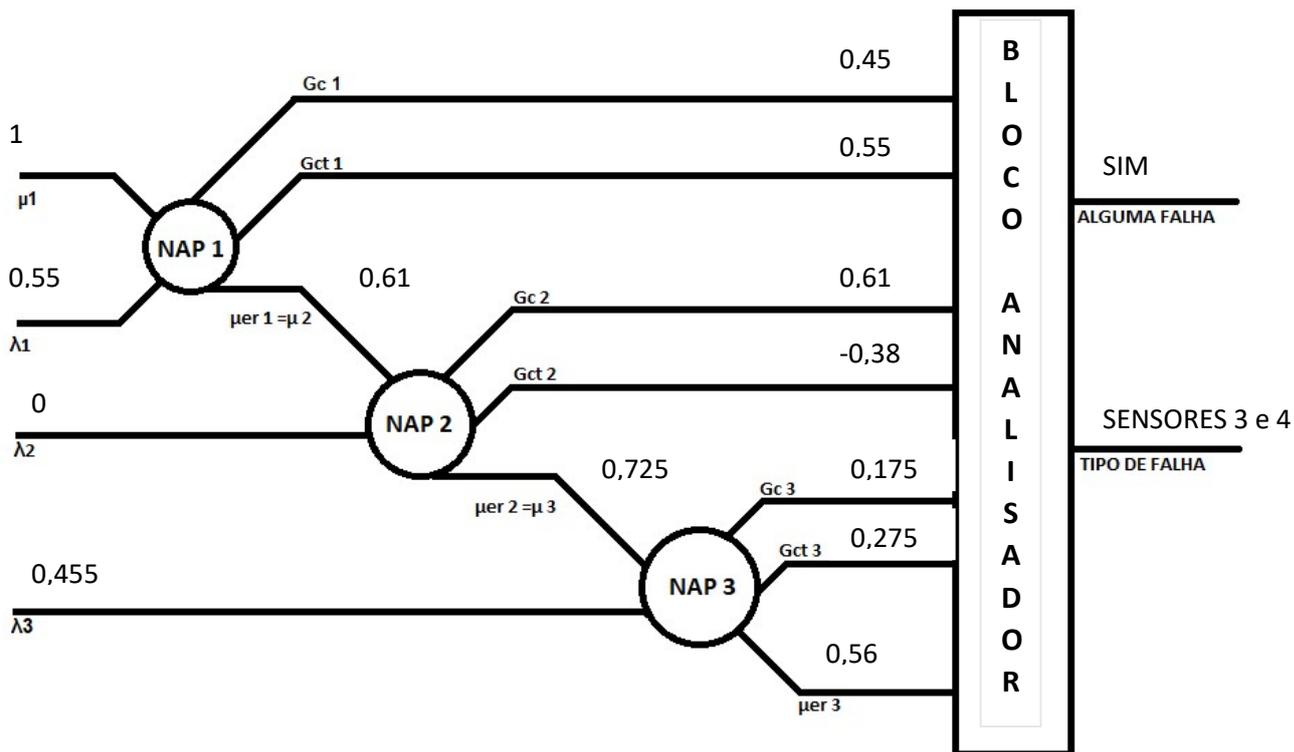


Figura 45 - Ensaio 10 – Falhas nos sensores 3 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 1 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,45 e 0,55 e μ_{er} 1. Reutiliza-se μ_{er} 1 como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,61 e -0,38 e μ_{er} 2. Reutiliza-se μ_{er} 2 como μ_3 e o valor de 0,55, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,175 e 0,275 e valor de saída 0,56. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 3 e 4.

3.11. Ensaio 11 – Falhas nos SENSORES 1,2 e 3

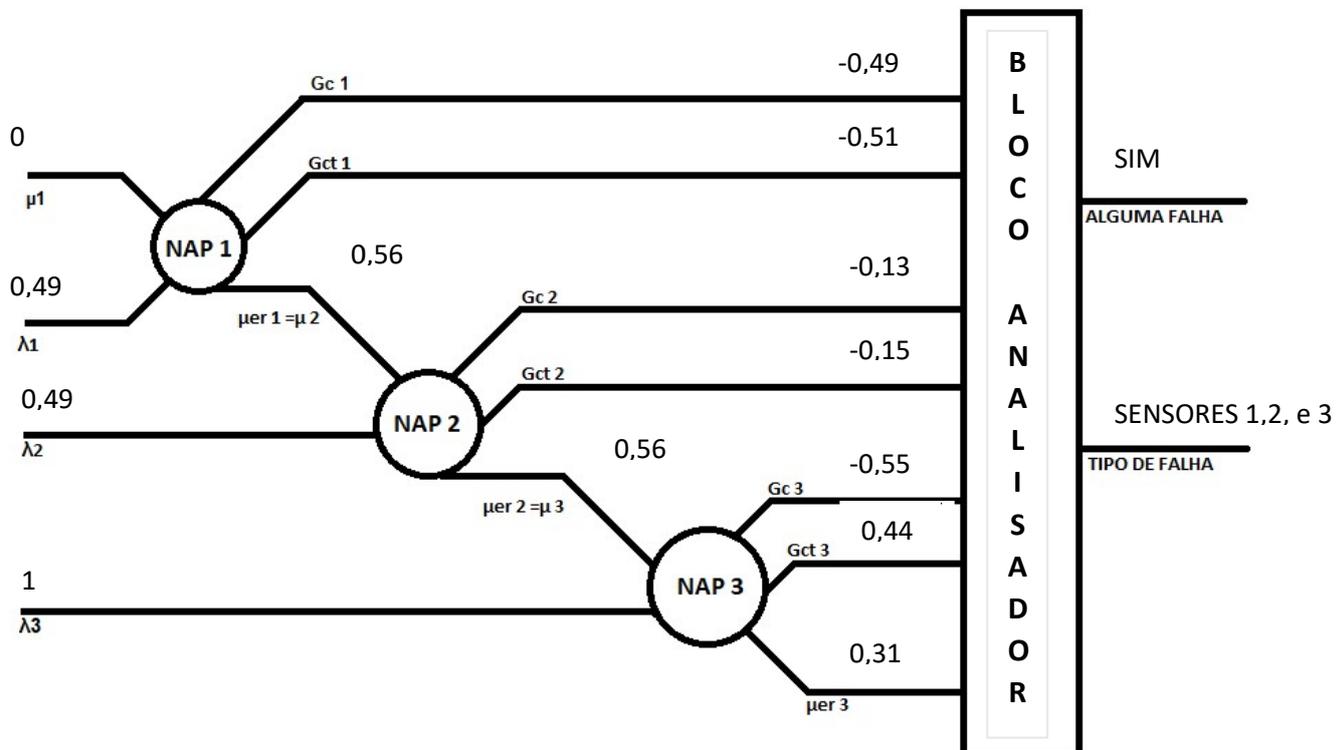


Figura 46 -Ensaio 11 – Falhas nos sensores 1, 2 e 3 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e -0,51 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,13 e -0,15 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 1, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,55 e 0,44 e valor de saída 0,31. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1, 2 e 3.

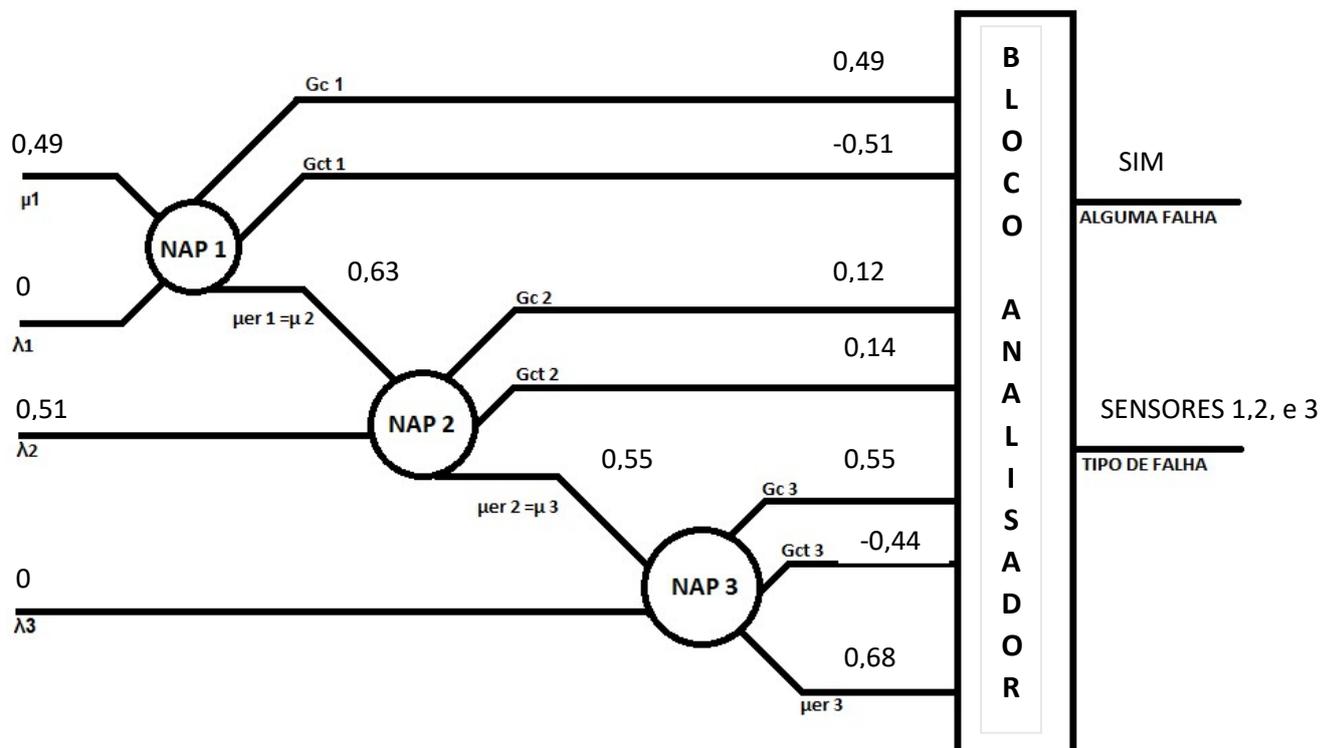


Figura 47 - Ensaio 11 – Falhas nos sensores 1, 2 e 3 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,49 e -0,51 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0,51, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,12 e 0,14 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,55 e -0,44 e valor de saída 0,68. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,2 e 3.

3.12. Ensaio 12 – Falhas nos SENSORES 1,2 e 4

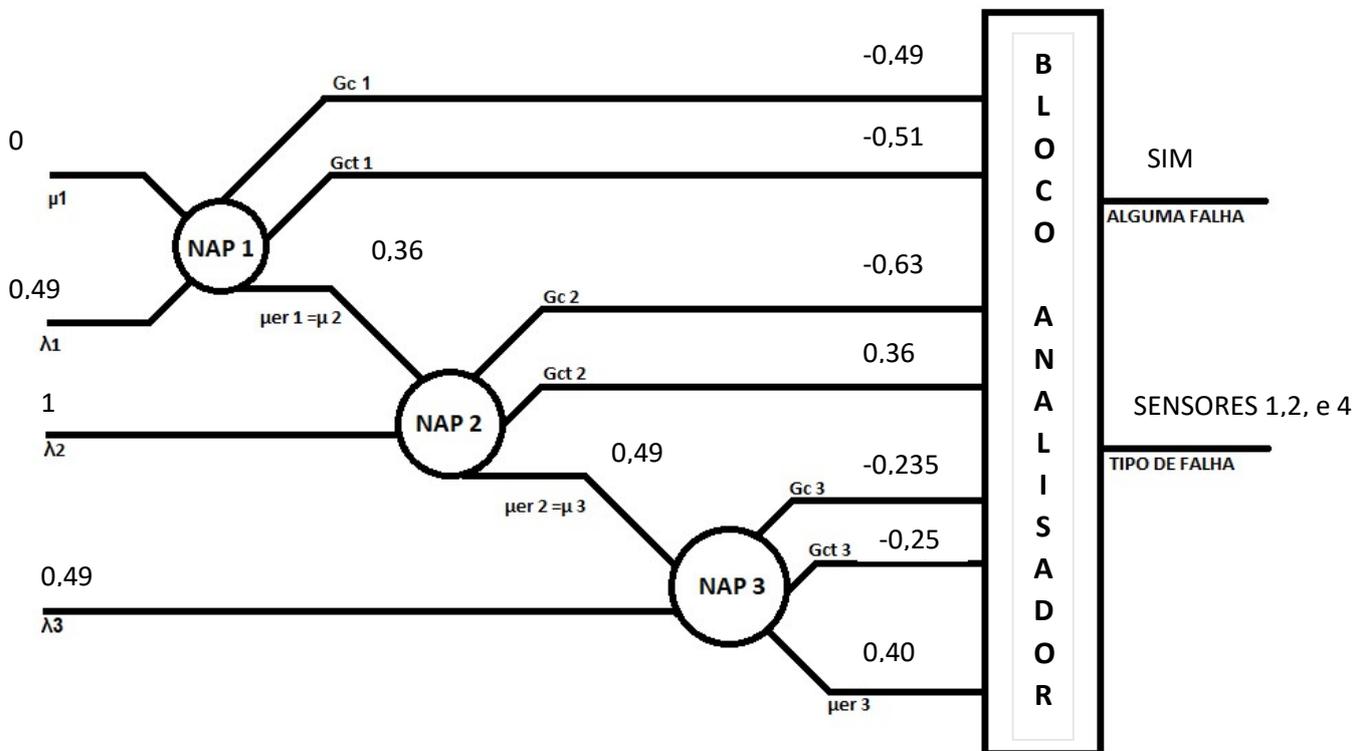


Figura 48 - Ensaio 12 – Falhas nos sensores 1, 2 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e -0,51 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 1, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,63 e 0,36 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,235 e -0,255 e valor de saída 0,40. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,2 e 4.

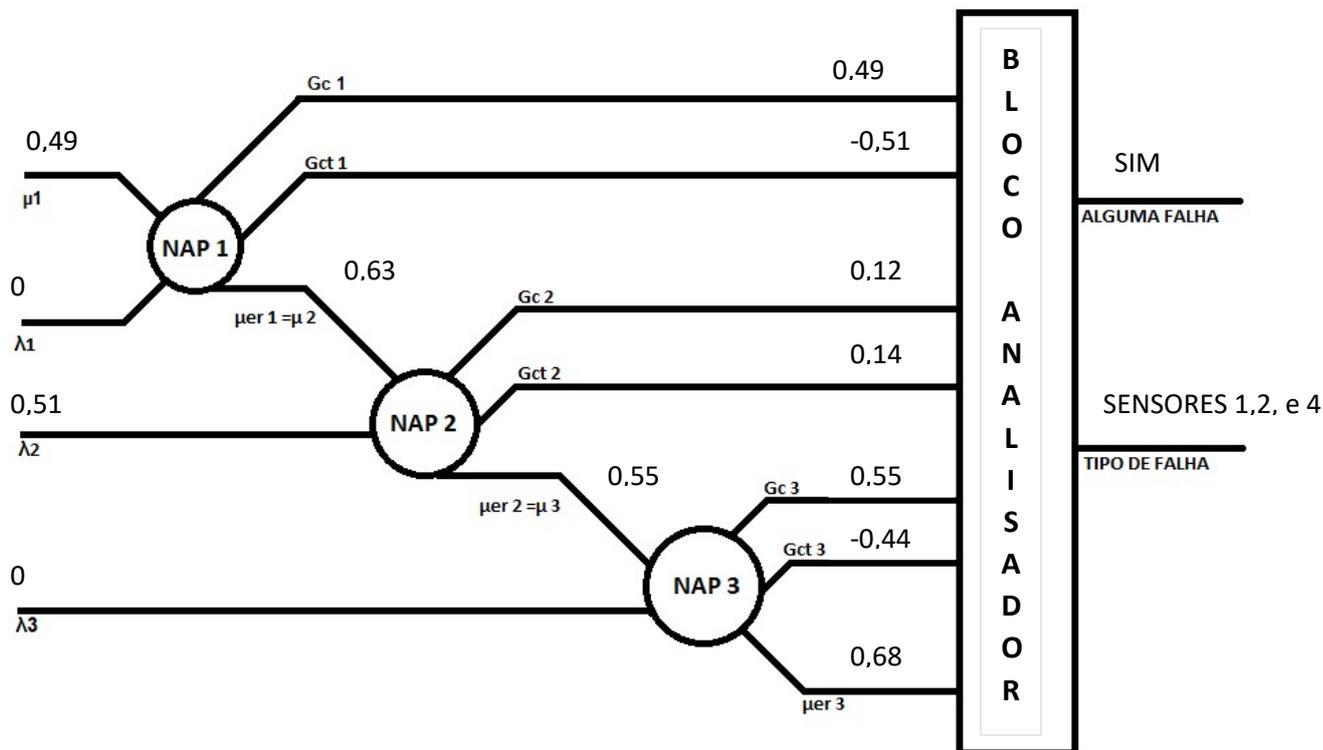


Figura 49 -Ensaio 12 – Falhas nos sensores 1, 2 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,49 e -0,51 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0,51, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,12 e 0,14 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,55 e -0,44 e valor de saída 0,68. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1, 2 e 4.

3.13. Ensaio 13 – Falhas nos SENSORES 1,3 e 4

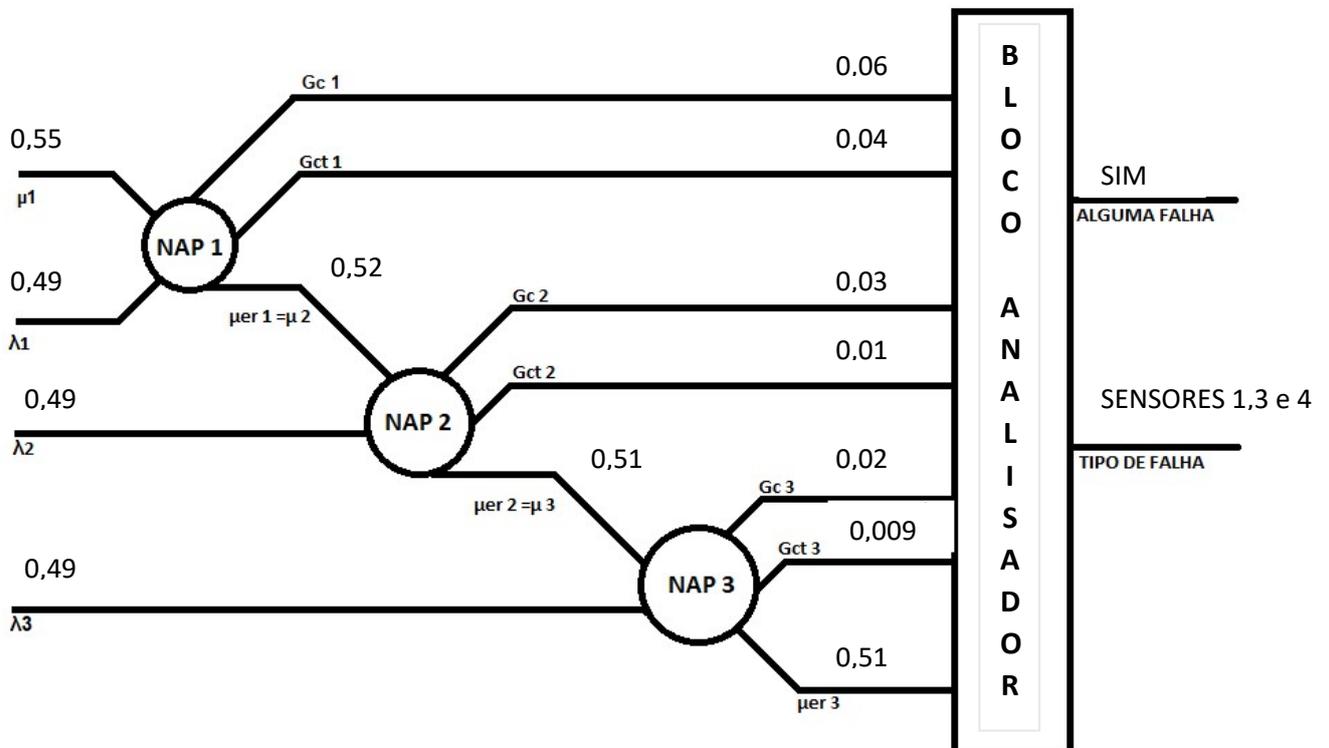


Figura 50 -Ensaio 13 – Falhas nos sensores 1, 3 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,55 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,06 e 0,04 e μ_{er} 1. Reutiliza-se μ_{er} 1 como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,03 e 0,01 e μ_{er} 2. Reutiliza-se μ_{er} 2 como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,02 e 0,009 e valor de saída 0,51. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,3 e 4.

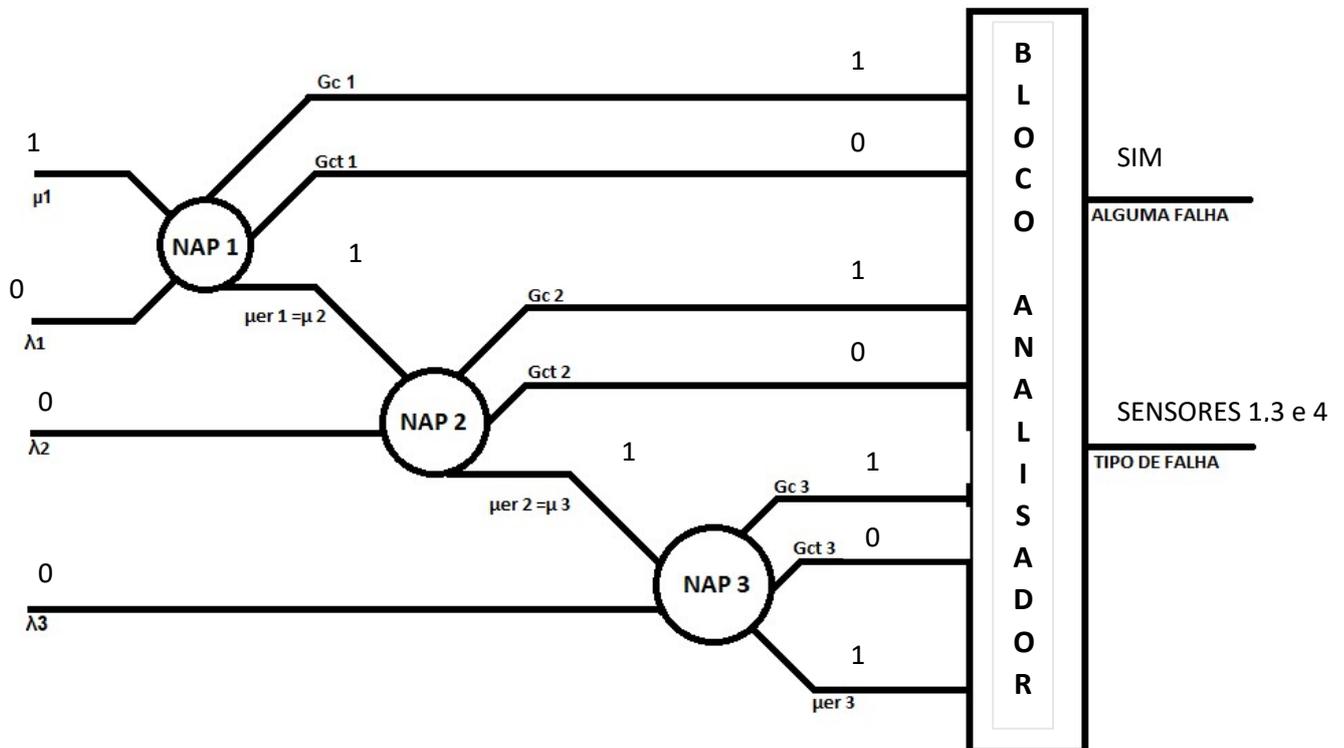


Figura 51 -Ensaio 13 – Falhas nos sensores 1, 3 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 1 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,06 e 0,04 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 1 e 0 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 1 e 0 e valor de saída 1. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,3 e 4.

3.14. Ensaio 14 – Falhas nos SENSORES 2,3 e 4

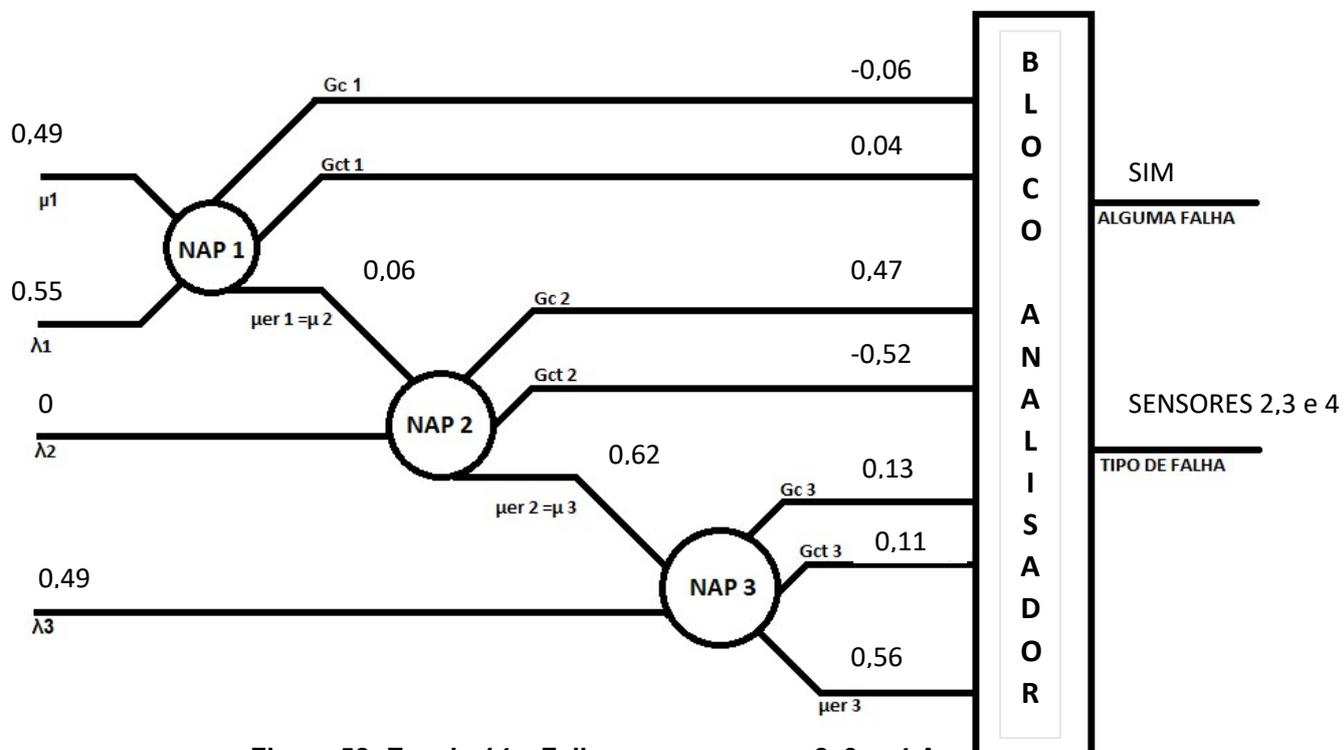


Figura 52 -Ensaio 14 – Falhas nos sensores 2, 3 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0,55 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,06 e 0,04 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,47 e -0,52 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,13 e 0,11 e valor de saída 0,56. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2,3 e 4.

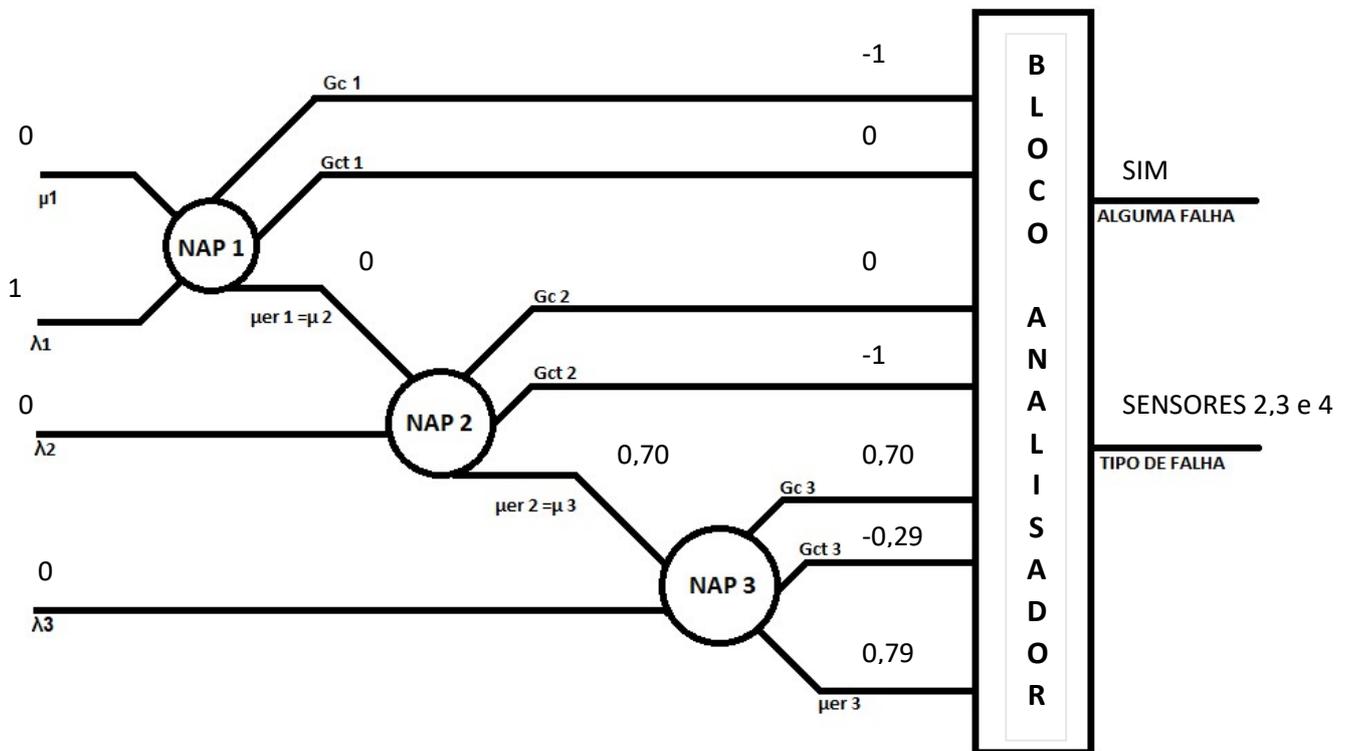


Figura 53 - Ensaio 14 – Falhas nos sensores 2, 3 e 4 B.

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 1 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -1 e 0 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0 e -1 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,70 e -0,29 e valor de saída 0,79. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 2,3 e 4.

3.15. Ensaio 15 – Falhas nos SENSORES 1,2,3 e 4

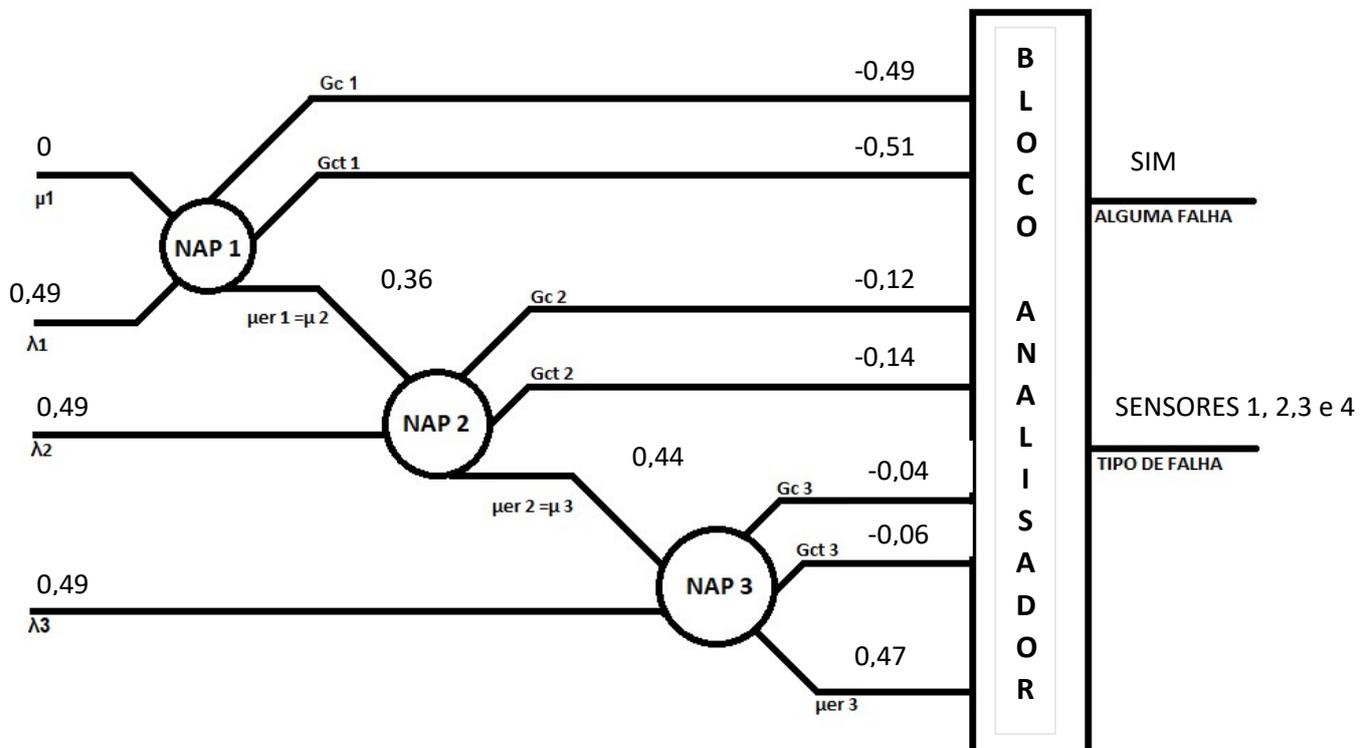


Figura 54 - Ensaio 15 – Falhas nos sensores 1, 2, 3 e 4 A

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0 e 0,49 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,49 e -0,51 e $\mu_{er} 1$. Reutiliza-se $\mu_{er} 1$ como μ_2 e o valor de 0,49, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,12 e -0,14 e $\mu_{er} 2$. Reutiliza-se $\mu_{er} 2$ como μ_3 e o valor de 0,49, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente -0,04 e -0,06 e valor de saída 0,47. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,2,3 e 4.

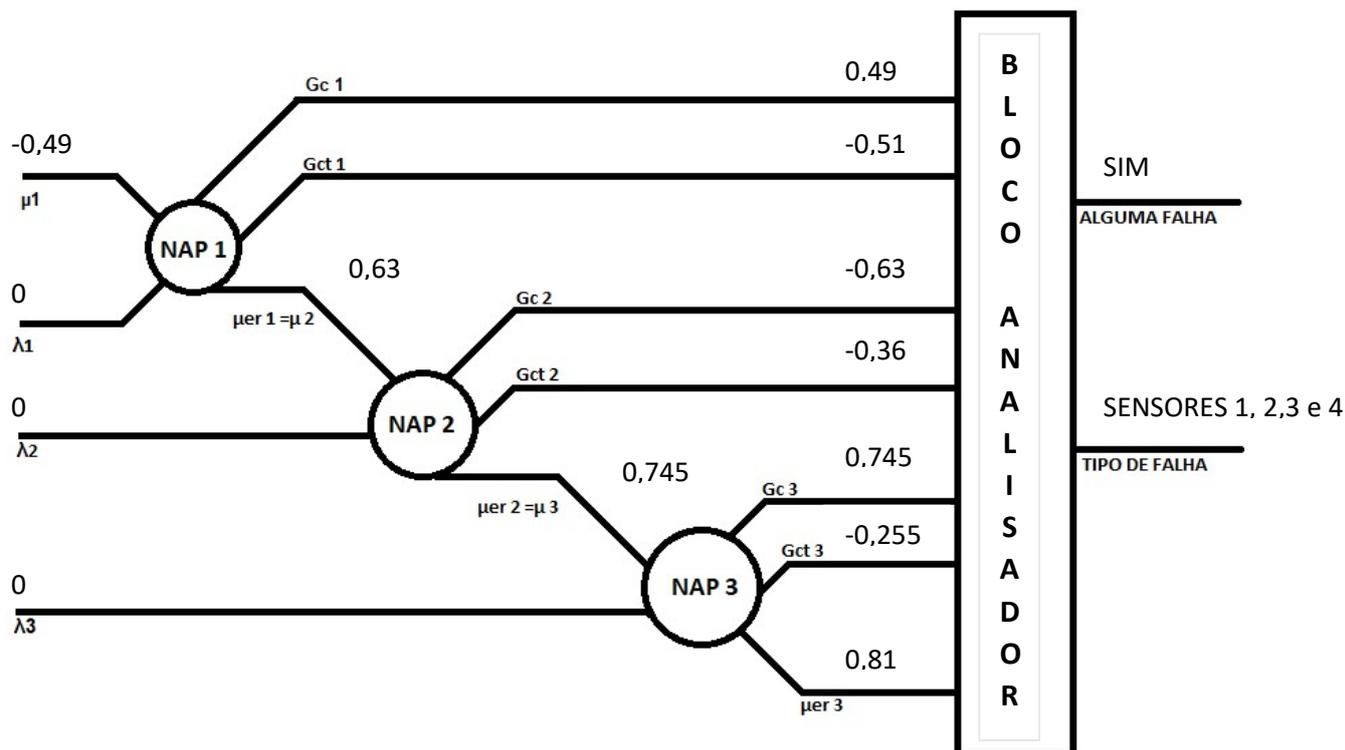


Figura 55 - Ensaio 15 – Falhas nos sensores 1, 2, 3 e 4 B

Para alimentar o NAP 1, atribui-se valores de entrada 0,49 e 0 respectivamente para μ_1 e λ_1 , resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,49 e -0,51 e $\mu_{er 1}$. Reutiliza-se $\mu_{er 1}$ como μ_2 e o valor de 0, referente a λ_2 , tem-se a realimentação do NAP 2, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,63 e -0,36 e $\mu_{er 2}$. Reutiliza-se $\mu_{er 2}$ como μ_3 e o valor de 0, referente a λ_3 , tem-se a realimentação do NAP 3, resultando em G_c e G_{ct} , respectivamente 0,745 e -0,255. Dessa forma, pode-se observar que os valores apresentados afirmam que há falhas nos sensores 1,2,3 e 4.

4. CONCLUSÕES

Apresenta-se nesse trabalho um modelo que une a Lógica não- clássica representada pela Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores junto à técnica de Redes de Petri, cujo alicerce é baseado na modelagem matemática. O trabalho propõe a detecção e tratamento de falhas em operações com máquinas utilizando uma abordagem mais racional e sistemática, causados pela ferramenta de desgaste, a ferramenta de quebra e erros de programação.

Por trabalhar com um intervalo vasto, a LPA2v permite resultados mais próximos da realidade, fazendo o tratamento de sinais contraditórios sem trivialização na saída e com as Redes de Petri concede a integração de um sistema com vários sensores agregados para analisar as características variadas em uma operação de usinagem dentro de uma manufatura. Dessa forma, para lidar com as inconsistências e sistemas para completos nos circuitos e controles, foi apresentado o Parapetrinet, um modelo de algoritmo baseado na LPA2v aplicada as Redes de Petri.

O Parapetrinet é composto por 3 Parapetrinaps, que por sua vez recebe o NAP em cada bloco para tratar o coeficiente do grau de certeza e o grau de contradição, baseando-se num ciclo de 5 passos, descritos pela técnica das Rdp e por um bloco analisador que recebe as informações de saída nos Parapetrinaps e os converte, apresentando o diagnóstico, que por sua vez indica a necessidade ou não da intervenção humana e qual sensor está com defeito, podendo existir falha em mais sensores simultaneamente.

O modelo proposto utiliza como parâmetros, as informações recebidas de 4 sensores e normalizados dentro de cada NAP. A tomada de decisão obedece a um padrão dos valores de saída descritos por uma tabela representada pelos valores do grau de certeza, grau contradição e grau de evidência favorável resultante, informando e indicando ao supervisor de manufatura, o diagnóstico da falha em tempo real.

Foram realizados 15 ensaios, simulando os possíveis resultados de falhas que os sensores poderiam apresentar, detectando a falha individual ou em mais sensores simultaneamente, apresentando também a possibilidade de

todos os sensores ao mesmo tempo estarem com falhas. Através do diagnóstico apresentado pelo bloco analisador é feita a tomada de decisão.

Por fim, o prezado trabalho, criou uma possível extensão da LPA 2v com o objetivo de enriquecer a potência de uma Rdp, dentro de um sistema de manufatura.

4.1. Trabalhos futuros

Podemos destacar como trabalhos futuros baseado neste estudo:

- Estudo e desenvolvimento do modelo matemático *Parapetrinet*, envolvendo todas as camadas do sistema de manufatura, para detecção e tratamento de falhas para resultados não triviais, voltados para sistemas mais robustos.

REFERÊNCIAS

DA COSTA, N. C. A.; ABE, J. M.; DA SILVA FILHO, J. I.; MUROLO, A. C. **Lógica Paraconsistente Aplicada**, 2ª. Ed., Editora Atlas, 1999, 214 p

DA SILVA, R.O. **Teorias da Administração**. Editora: Pearson, 2010.

DA SILVA FILHO, J.I. “**Implementação de circuitos Lógicos fundamentados em uma classe de Lógicas Paraconsistentes Anotada**” Dissertação de Mestrado EPUSP, São Paulo, 1997.

DA SILVA FILHO, J I. **Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotações com dois valores - LPA2v**. Revista Seleção Documental, Março 2006.

DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G., **Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro, Editora LTC, 1ª. Ed., pp.4-5, pp.40-84, pp.101-185. 2008.

DA SILVA FILHO, J. I. ; LAMBERT-TORRES, G. ; FERRARA, L. F. P. ; MARIO, M. C. ; Santos, M. R.; Onuki, A. S. ; CAMARGO, J. M. ; ROCCO, A. . **Paraconsistent**

Algorithm Extractor of Contradiction Effects - Paraextrctr. Journal of Software Engineering and Applications, v. 4, p. 579-584, 2011.

DA SILVA FILHO, J. I. **Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição - ParaExtrctr**, Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, N.15 Ano 4 ISSN 1809-0648, - Ed. Paralogike - Santos – SP-Brasil, 2009 pp 21-24

DUARTE, F. **Arquitetura e Tecnologias de Informação – Da Revolução Industrial à Revolução Digital**. Editora: Annablume, 1999.

FRANCÊS, C.R. L. **Introdução às Redes de Petri**, Apostila, 2003.

MORAES, P.R. **Geografia Geral e do Brasil**. Editora: Harbra, 2006.

RIASCOS, L. A. M.; MIYAGI, P. E. **Supervisor System for detection and treatment of failures in machining operations using Petri Nets**, Artigo, 2014.

RODRIGUES, N.K.; BLOS, M.F. **Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores no contexttodas Redes de Petri – Uma aplicação Industrial**. COBEM, 2017.