



## DESENVOLVIMENTO DE UMA MODELAGEM FUZZY PARA CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE ACIDENTES EM SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA

**MARIZA DA LUZ CAVALHEIRO DE ALMEIDA** –

mariza.cav.almeida@gmail.com

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

**MOACYR CARLOS POSSAN JUNIOR** – moacyr.possan@udesc.br

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

**DÉBORA BARNI DE CAMPOS** – debora.campos@udesc.br

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

**ALEXANDRE BORGES FAGUNDES** – alexandre.fagundes@udesc.br

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

**DELICIO PEREIRA** – delcio.pereira@udesc.br

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

### Resumo

*Acidentes com eletricidade são comuns dentro das organizações, independentemente de seu tamanho e setor e os profissionais dessa área estão expostos diariamente ao risco de acidentes. Esta pesquisa objetivou desenvolver um método que contemple a legislação pertinente e que facilite a análise quanto ao risco de acidentes com eletricidade. Secundariamente buscou-se identificar os principais fatores que contribuem para acidentes com eletricidade, nas atividades de profissional da área. Foi realizada uma modelagem com a lógica Fuzzy, eleita como ferramenta de apoio à tomada de decisão devido a sua aproximação com o pensamento humano. O modelo mostrou-se consistente, pois quando atribuídos valores extremos no intervalo 0 a 10 aos indicadores de entrada, o resultado do indicador de saída 'grau de risco' apresentou resultado também extremo. Foram simuladas diversas situações, com valores atribuídos aos indicadores de entrada de forma aleatória e os resultados obtidos para a variável de saída se mostraram coerentes.*

**Palavras-chave:** Lógica Fuzzy. Manutenção Elétrica. Engenharia de Segurança do Trabalho.

## 1. INTRODUÇÃO

O Artigo 193 da CLT considera atividades ou operações perigosas aquelas que, por sua natureza ou método de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador, dentre outros a energia elétrica (BRASIL, 1943). O Ministério do Trabalho e Emprego por meio da NR-16 regulamenta as atividades que expõem o trabalhador a estes riscos.

Embora a Legislação mencione risco acentuado, a norma não quantifica este risco. Assim, surge a necessidade de uma ferramenta para dar suporte a análise de gestores do ramo do qual o risco acentuado é o risco a que o trabalhador estará exposto.

Torrini (2014) refere-se a Lógica Fuzzy como uma técnica inteligente que possui o objetivo de modelar, de modo aproximado, o raciocínio humano. Sua principal característica é imitar com grande proximidade a competência do ser humano para tomar decisões em um ambiente de incerteza e imprecisão. O autor também se refere a ela como sendo capaz de incorporar tanto o conhecimento objetivo, vindo de dados numéricos, quanto o conhecimento subjetivo que surge de informações linguísticas.

Este estudo foi motivado pela inexistência de um método que quantifique o risco de acidentes com eletricidade nas atividades inerentes ao trabalho de manutenção elétrica em máquinas e equipamentos. Enquadrar estas atividades segundo o que estabelece a Portaria 3.214 de 08/06/1978, sem uma ferramenta de auxílio, torna-se subjetivo e sujeito a erros. Nesse sentido, o gestor corre o risco de um lapso na avaliação em razão das inúmeras variáveis existentes no problema, prejudicando assim os profissionais envolvidos. Esta portaria, por meio da NR-16, estabelece que o trabalhador sujeito ao risco iminente de acidentes com eletricidade faz jus ao adicional por periculosidade no valor de 30% de seu salário, além dos acréscimos resultantes de gratificações, prêmios ou participações no lucro da empresa (BRASIL, 1978). Sendo assim, verifica-se a necessidade de uma ferramenta que auxilie o gestor na tomada de decisão quanto ao pagamento ou não do referido adicional.

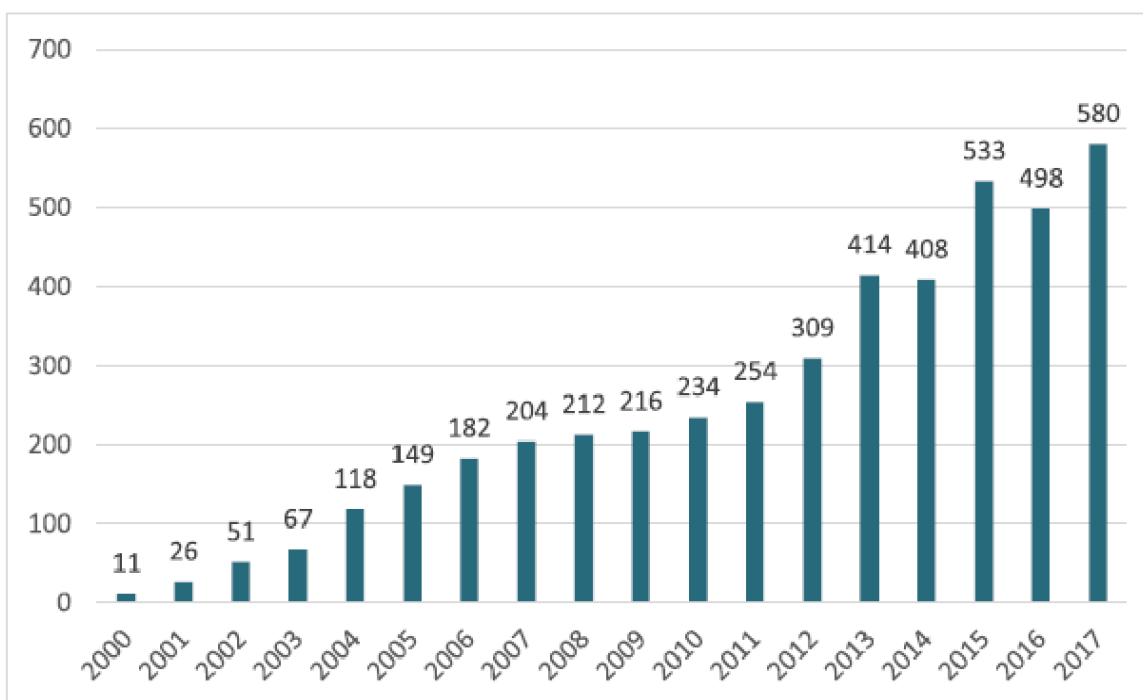
Esta pesquisa tem como objetivo principal desenvolver um método que contemple a legislação pertinente e que facilite a análise quanto ao risco de acidentes com eletricidade. Ainda, secundariamente, objetivou identificar os principais fatores que contribuem para acidentes com eletricidade, nas atividades do profissional da área.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Acidentes com eletricidade

Segundo Suárez-Cebador et al. (2014) a gravidade do acidente tem a ver com a atividade realizada pelo trabalhador imediatamente antes do acidente. Os resultados de sua pesquisa mostram que os acidentes envolvendo eletricidade, que resultam em sérios danos, ocorrem durante o manuseio de objetos ou quando ferramentas manuais estão sendo usadas. Em menor quantidade, mas com consequências extremamente graves, estão os acidentes com eletricidade que ocorrem quando o trabalhador está em movimento (caminhando, correndo, indo para cima ou para baixo etc.).

O Brasil segue a mesma tendência no que se referente aos acidentes de trabalho envolvendo eletricidade. O Gráfico 1 demonstra o número de acidentes com eletricidade entre os anos de 2000 e 2017, conforme Sousa (2019).



**Gráfico 1 – Gráfico da evolução dos acidentes com eletricidade entre 2000 e 2017. Fonte: Sousa (2019).**

Segundo Sousa (2019), nova NR-10 que entrou em vigor em 2014 não deteve o aumento desses acidentes. Levando em consideração os dados apresentados acima a evolução dos acidentes percebe-se que somente a NR-10 não é suficiente para evitar os acidentes.

## 2.2 Choques-elétricos

O choque elétrico ocorre pelo contato do corpo com um circuito eletricamente energizado ou ainda por uma descarga atmosférica. Também pode ser visto como um estímulo rápido e acidental do sistema nervoso advindo da passagem de uma corrente que circulará quando ele se tornar parte de um circuito elétrico que possuirá uma diferença de potencial suficiente para vencer sua resistência elétrica (SILVA, 2016).

Para prevenir os choques elétricos consideram-se aspectos como as fontes do choque e o contato. As partes do organismo atingidas pela corrente elétrica vão determinar as consequências resultantes do choque (VIANA, 2018; NAVES, 2016). Silva (2016) afirma que o limiar de percepção e o limiar de reação dependem de fatores como área de contato do corpo com o eletrodo, condições de contato (direto ou indireto) e as condições físicas do indivíduo, porém independem da variável tempo. O limiar do soltar-se, além de todos as outras variáveis acima, depende do tamanho do eletrodo e do valor de corrente.

## 2.3 A lógica Fuzzy

É uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. Sua história começa com Aristóteles, precursor da ciência da Lógica, que em sua teoria estabeleceu um conjunto de regras rígidas a fim de que conclusões pudessem ser aceitas como logicamente verdadeiras. Sua tese era baseada somente em premissas e conclusões. Ao conjunto de afirmações eram atribuídos valores, visando classificá-las como verdadeiras ou falsas não cabendo, portanto, a possibilidade de serem parcialmente verdadeiras e parcialmente falsas ao mesmo tempo (CAMPOS FILHO, 2004).

Nos conjuntos *Fuzzy* pode ser inferido se um dado número pertence ou não pertence a este conjunto. Portanto, o vetor pertinência caracteriza valores entre 0 e 1 como pertencentes parcialmente, pertencentes totalmente ou pertencentes ambos ao mesmo tempo em um dado conjunto *Fuzzy* (FAGUNDES, 2015; BARON et al., 2017; LAZZAROTTO, 2018; ZENG et al., 2019; BITAR et al., 2016; CAMPOS FILHO, 2004; BARRETO MACHADO et al., 2018).

A lógica *Fuzzy* pode ser instrumentalizada e modelada com a vantagem de operar de forma similar ao pensamento e a linguagem natural humana. Ela dispõe de ferramentas apropriadas para a descrição dos critérios de decisão, sugerindo a possibilidade de obtenção de menores erros num processo classificatório e com isso um resultado mais próximo da realidade (LAZZAROTTO, 2018).

Verifica-se que ao aproximar as certezas da matemática às incertezas do mundo real, consegue-se a proximidade com o pensamento humano, fazendo assim que seu uso seja variado.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Modelo

Concebido na forma de um dendrograma, o modelo por meio do sistema *fuzzy* para a verificação do grau de risco a que um profissional é exposto durante o serviço de manutenção, ordena, combina e detalha os temas: “Condições de Trabalho”, “Competência Profissional” e “Aplicação das Normas”, com seus indicadores primários, intermediários e temáticos.

A Figura 2 retrata a distribuição dos indicadores no sistema *Fuzzy* para a determinação do nível de ação da exposição ao risco que um profissional estará exposto em sua atividade. Com os indicadores de entrada em Amarelo, indicadores intermediários em Rosa e o indicador de saída em Verde.

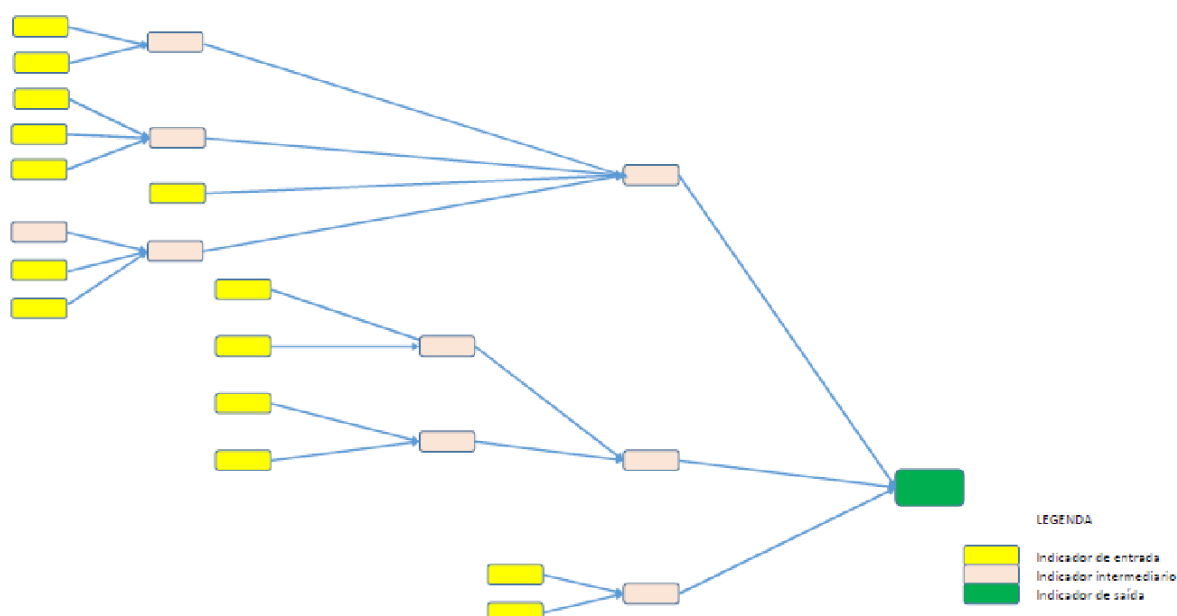


Figura 2 - Distribuição dos indicadores no sistema *fuzzy*. Fonte: Autoria Própria (2022).

Por meio de operações básicas dos conjuntos *fuzzy* estes indicadores, que podem tomar formas discretas ou difusas, são agregados no bloco de regras do dendograma do tipo *top down in induction of decision trees*.

A decomposição dos indicadores temáticos em indicadores secundários e ou primários é feita *top down*, todavia, as inferências dos valores por eles assumidas são definidas na forma *bottom up*.

### **3.1.2 Indicadores do Modelo**

Segundo Machado et al. (2018), é necessário identificar e estabelecer critérios avaliativos para cada indicador, classificando-os em grupamentos por gênero, fazendo com que as hierarquias subsequentes se concatenem de modo sintetizado ocorrendo, dessa forma, menores desvios. No referido trabalho o grau de risco a que está exposto um profissional da área será analisado por grupamentos de indicadores definidos em três temas: “Condições de Trabalho”, “Competência Profissional” e “Aplicação das Normas”.

#### **3.1.2.1 Indicadores Primários**

Os indicadores primários, entrada do modelo, representam o grau da condição em que o serviço de manutenção é realizado. Para estes indicadores será atribuída, pelo profissional da área de segurança do trabalho, em uma planilha eletrônica, uma nota variando de 0 a 10 quando da análise do risco que está exposto o mecânico eletricista.

Os indicadores primários: “Circuitos com Proteção”, “Condições da Instalações Elétricas”, “Circuitos Independentes”, “Ambiente”, “EPI’s”, “EPC’s”, “Apropriadas” e “Suficientes” são os dados de entrada para o tema “Condições de Trabalho”.

Os indicadores primários: “Condição de Conhecimento Relativo ao Perigo”, “Tempo de Trabalho”, “Grau de Instrução”, “Curso na Área”, “*Layout*”, “Área de Risco Segundo Anexo 4 da NR-16” são os dados de entrada para o tema “Competência”.

Os indicadores primários: “NR-10” e “NR-12” são os dados de entrada para o tema “Aplicação das Normas”.

O modelo permitirá ao profissional da área de segurança do trabalho que atribua importância diferenciada aos indicadores nas entradas dos blocos de regras, assim como adaptar os indicadores primários e secundários às suas necessidades.

#### **3.1.2.2 Indicadores Secundários**

Os indicadores secundários, “Equipamentos de Proteção”, “EPI’s”, “Experiência”, “Formação”, “Ferramental”, “Instalações Elétricas”, “Ambiente de Trabalho”, dão condição da análise de ação a serem tomadas dentro de cada um dos temas para minimização ou neutralização dos riscos.

#### **3.1.2.3 Indicadores temáticos**

Os indicadores temáticos: “Condições de Trabalho”, “Competência Profissional” e “Aplicação das Normas” são resultados da composição dos indicadores dos níveis imediatamente inferior aos seus, indicadores estes relativos a cada um desses temas e que podem ser primários e/ou intermediários.

A composição, quer dos indicadores primários e/ou quer dos indicadores secundários, para a geração dos indicadores temáticos e a composição destes últimos para a

geração do indicador de saída (grau do risco), se dão nos blocos de regra do dendrograma, por meio de inferência *fuzzy*, com uma agregação de entrada e uma agregação de saída.

Para a composição dos indicadores de saída dos blocos de regra, serão atribuídos o grau de importância “influência máxima” a cada um dos indicadores na entrada destes blocos.

A composição dos indicadores temáticos resulta no indicador de saída, objeto desta pesquisa, ou seja, o grau de risco a que um profissional está exposto em suas atividades de manutenção elétrica. O modelo atribuirá a este grau, conforme o caso, uma das seguintes expressões: Ameno, Moderado ou Acentuado.

### a) Condições de Trabalho

No Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro, através da Assembleia Estadual Constituinte de seus Estados, conseguiram garantir que trabalhadores paulistas e cariocas não sofreriam represálias caso negassem se expor a uma condição de risco grave e iminente. A Carta paulista leva a seguinte redação: "Em condições de risco grave ou iminente no local de trabalho, será lícito ao empregado interromper suas atividades, sem prejuízo de quaisquer direitos, até a eliminação do risco" (SÃO PAULO, 1989). A Carta carioca (Rio de Janeiro, 1989) assegura a permanência no emprego ao trabalhador que se recusar ao trabalho em ambientes sem controle adequado de riscos (FREITAS, 1994).

Neste estudo o tema “Condições de Trabalho” será analisado por meio de quatro indicadores intermediários e sete indicadores de entrada:

- Instalações Elétricas
  - Circuito com Proteção
  - Condições das instalações
  - Independência dos circuitos
- Ferramental
- Equipamentos de Proteção
  - EPI's
  - EPC's
- Ambiente de Trabalho
  - *Lay out*
  - Área de Risco segundo anexo 4 da NR-16

### b) Competência Profissional

A competência profissional é analisada sobre dois aspectos: a condição de reconhecer o perigo e a condição insegura a que se está exposto ao realizar uma atividade.

Ruppenthal (2013) explica que o ato inseguro é todo ato que se faz consciente ou inconsciente, que pode provocar danos físicos ao trabalhador, seus companheiros ou mesmo às máquinas, materiais e equipamentos sob sua responsabilidade. Estão relacionados a falha humana e são cometidos por imprudência, imperícia ou negligência.

O tema “Competência Profissional” será analisado por meio de dois indicadores intermediários e quatro indicadores de entrada:

- Experiência na Área
  - Condição de Reconhecimento do Risco
  - Tempo de Serviço na Área
  -

- Formação
  - Grau de instrução Formal
  - Cursos na Área

### c) Aplicação das Normas Regulamentadoras

Neste trabalho, o tema “Aplicação da Normas Regulamentadoras” é analisado por meio de dois indicadores entrada:

- NR-10
- NR-12

#### 3.1.3 Descrição dos Indicadores

Na Tabela 2 pode-se ver a influência de cada indicador de entrada em relação ao bloco de regras.

Os valores resultantes da *defuzzificação* do indicador Nível de Ação serão em função dos termos Acentuado, Moderado e Ameno. Assim, o gestor conseguirá determinar o quão grave é a situação no ambiente de trabalho. Na Tabela 2 pode-se ver os blocos de regras (variáveis intermediárias), os indicadores de entrada (variáveis de entrada), as suas devidas abreviaturas e o nível de ação exercida pela variável no bloco de regras.

A Figura 4 mostra o grau de influência de cada indicador de entrada em seu respectivo bloco de regras. Os valores (grau de influência) foram atribuídos de forma aleatória com a finalidade de rodar o programa *FuzzyTECH*® e obter resultado do indicador de saída “Grau do Risco”. Cabe salientar que o modelo proposto permite a quem for utilizá-lo, atribuir valores aos graus de influência conforme a situação se apresentar no seu caso específico.

## 4. RESULTADOS

Foram realizadas simulações para a compreensão e conferência do modelo proposto. Na Tabela 3 estão representados os resultados gerados pelo programa *FuzzyTECH*® quando, com a calibração mostrada na Tabela 2, foram atribuídos aos indicadores de entrada, exceto ao indicador “Área de Risco, valores extremos e medianos entre 0 e 10. Foram atribuídos, respectivamente, 9, 1 e 5, e os resultados gerados foram, também respectivamente, 8,0554, 1,9446 e 4,9996, mostrando assim que tais resultados se apresentaram de forma coerente. Ao indicador de entrada “Área de Risco” foram atribuídos, respectivamente, os valores 1, 9 e 5, pois, o seu grau de influência tem sentido contrário dos demais indicadores de entrada.

Ind entrada	Ind Intermed	Temas	Abrev Blocos Regra	Nível de Ação
		Aplic das Normas	n_a_aplic_normas	Mal-Médio-Bem
NR 10			nr_10	Mal-Médio-Bem
NR 12			nr_12	Mal-Médio-Bem
		Habilidade profissional	n_a_habil_profis	Pouco-Médio-Muito
	Experiênc. área		n_a_exper_area	Pouco-Médio-Muito
Condição de reconh. o risco			cond_recon_risco	Pouco-Médio-Muito
Tempo serviço na área			tempo_ser_area	Pouco-Médio-Muito
	Formação		n_a_formacao	Pouco-Médio-Muito
Grau instruç. Cursos na área			grau_instrucao	Pouco-Médio-Muito
			curso_area	Pouco-Médio-Muito
		Condições de trabalho	n_a_con_trab	Ruim-Mediana-Boa
	Instalações Elétricas		n_a_instal_elet	Pouco apropriadas Média apropriadas Bem apropriadas
Circuito com proteção			circuito_protec	Insuficiente Pouco suficiente Suficiente
Condição das instalações			condic_instal	Ruim-Mediana-Boa
Independência dos circuitos			indep_circuitos	Ruim-Médio-Bom
Ferramental			cond_ferram	Pouco apropriado Médio apropriado Apropriado
	Equipamentos de Proteção		n_a_eq_prot	Pouco apropriado Médio apropriado Apropriado
	EPI's		n_a_epi	Ruim-Médio-Bom
Apropriados			apropriados	Pouco apropriados Médio apropriados Apropriados
Suficientes			suficientes	Pouco suficientes Médio suficientes Suficientes
EPC's			epc	Pouco suficientes Médio suficientes Suficientes
	Ambiente de Trabalho		n_a_amb_trab	Pouco adequado Médio adequado Adequado
Lay out			lay_out	Pouco inadequado Médio adequado Adequado
Área de Risco			area_risco	Pouco determinada Média determinada Bem determinada

**Tabela 2 – Descrição dos blocos de regra e seus respectivos níveis de ação.**  
**Fonte: Autoria própria (2022).**



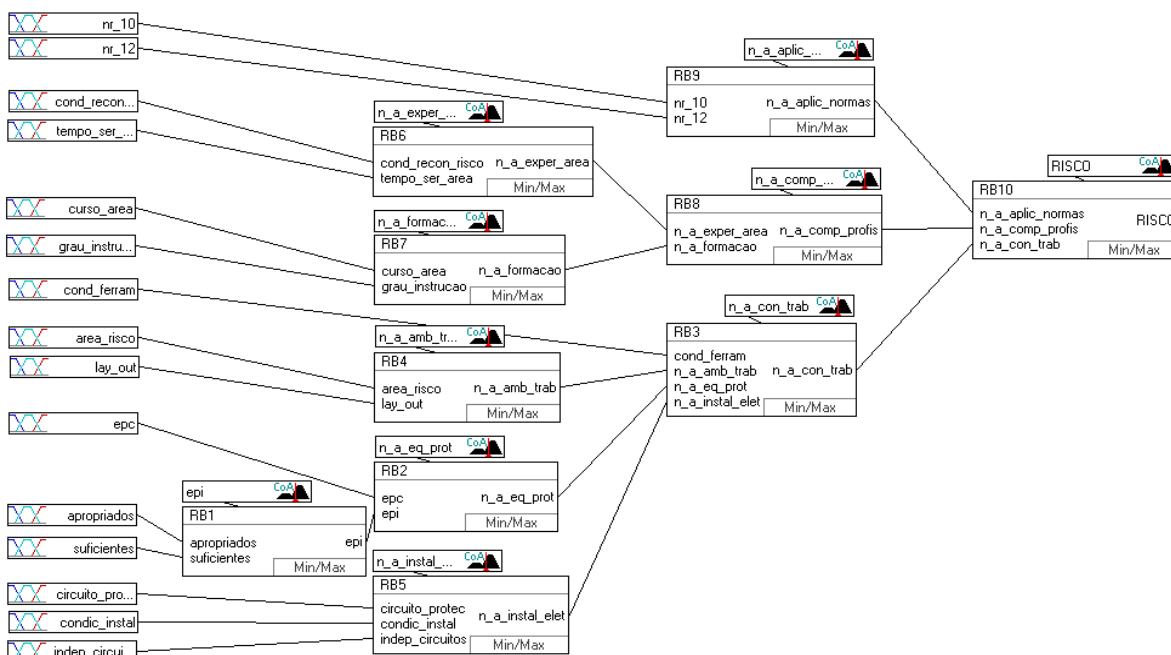


Figura 3- Influência e abreviatura dos devidos bloco de regras e suas variáveis de entrada. Fonte: Autoria própria (2022).

Bloco de Regras	Indicador de Entrada	Influência do Indicador de Entrada		
		Inversamente	Sem Influência	Proporcionalmente
		Muito Importante		Muito Importante
Risco	Condições de Trabalho			x
	Habilidade Profissional			x
	Aplicação das Normas			x
Condições de Trabalho	Eq. De Proteção			x
	Ambiente de Trabalho			x
	Framental			x
	Instalações Elétricas			x
Habilidade Profissional	Experiência na Área			x
	Formação			x
Aplicação das Normas	NR-10			x
	NR-12			x
Equipamentos de Proteção	EPI's			x
	EPC's			x
EPI's	Suficientes			x
	Apropriados			x
Ambiente de Trabalho	Layout			x
	Área de Risco	x		
Instalações Elétricas	Circuito com Proteção			x
	Condição das Instalações			x
	Independência dos circuitos			x
Experiência na Área	Condição de Reconhecer o Risco			x
	Tempo de Serviço n Área			x
Formação	Curso na Área			x
	Grau de Instrução Formal			x

Figura 4 - Calibração do Modelo. Fonte: Adaptado de Baron et al. (2017).

Indicadores de entrada	Indicadores de Saída	Aleatório	Resultado	Mínimo	Resultado	Mediano	Resultado	Máximo	Resultado
NR 10 NR 12	Aplicação das Normas	3	3,4724	1	1,9446	5	4,9996	9	8,0554
		4		1		5		9	
Formação Experiência na área	Habilidade Profissional		4,1668		1,9446		4,9996		8,0554
Equip. de Proteção Ferramental Ambiente de Trabalho Instalações Elétricas	Condições de Trabalho		7,2766		1,9446		4,9996		8,0554
		10		1		5		9	
Grau de Instrução Curso na área	Formação		7,6186		1,9446		4,9996		8,0554
Condições de reconhecer o risco Tempo de serviço na área	Experiência na área	1	1,9446	1	1,9446	5	4,9996	9	8,0554
		1		1		5		9	
Circuito com proteção Independência dos circuitos Condições das instalações	Instalações elétricas	7	7,6192	1	1,9446	5	4,9996	9	8,0554
		10		1		5		9	
Layout Área de risco segundo NR-16	Ambiente de trabalho		3,671		1,9446		4,9996		8,0554
		4		1		5		9	
EPC's EPI's	Eq. de Proteção	3		1		5		9	
		9		1		5		9	
Apropriados Suficientes	EPI's		7,6816		1,9446		4,9996		8,0554
		10		1		5		9	
Ferramental Risco	EPI's	3		9		5		2	
		10		1		5		9	
Classificação do Risco		6	6,5274	1	1,9446	5	4,9996	9	8,0554
		x		x					
		5	8,0554	1	1,9446	5	6,833	9	
		10		1		5		9	
		x		1		5	x	9	x
		10		x		5		9	x
			3,9816		1,9446		4,996		8,0554
			Acentuado		Acentuado		Moderado		Ameno

Tabela 3 - Simulação da Utilização do Modelo . Fonte: Autoria Própria (2022)

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo que permita a quantificação e tipificação do risco de acidentes com eletricidade, nas atividades de manutenções elétricas em máquinas e equipamentos. O modelo proposto proporciona ao gestor condições de analisar o ambiente de trabalho auxiliando nas tomadas de decisão relativas a segurança do trabalhador envolvido nestas manutenções.

O modelo desenvolvido contempla o que se propôs. O software *FuzzyTECH*® utilizado na construção do modelo mostrou-se eficaz. A simplicidade do software permite a adaptação, tanto dos indicadores de entrada e dos intermediários, quanto das suas influências dentro dos seus respectivos blocos de regras.

A modelagem, como proposta inicialmente, proporciona ao gestor condições de tomada de decisões mais seguras, quer quanto à respeito da obrigatoriedade, ou não, do pagamento do adicional de periculosidade devido ao mecânico eletricitista no desenvolver de suas atividades, quanto proporcionar melhorias no chão de fábrica, tornando o ambiente de trabalho mais seguro.

Como pode ser observado no item 4, o modelo se mostrou consistente, pois quando atribuídos valores extremos, no intervalo 0 a 10 aos indicadores de entrada o resultado do indicador de saída “Grau de Risco” apresentou resultado também extremo. Da mesma forma quando atribuído valores intermediários, dentro do mesmo intervalo, o resultado se mostrou também intermediário. Salienta-se ainda que foram simuladas diversas situações, com valores atribuídos aos indicadores de entrada de forma aleatória e os resultados obtidos para a variável de saída se mostraram coerentes.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E.L. Proceeding Series of the **Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v.7, n.1, 2020.
- ANDRIOTTI, F.K; RODRIGUES H.M.F e PRÁ C.D.M. Proposição de um protocolo para estudo sobre a intuição e o processo de tomada de decisão - **REGE** - São Paulo – SP, Brasil. v. 21, n. 2, p. 163-181. Abr./Jun. 2014.
- ARAUJO A.C.; SANTOS J.A.N; NICHIOK J.; LIMA, G.B.A. e GAVIÃO L.O. Avaliação de segurança em empresas da construção civil: uma aplicação da Fuzzy. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 18, n.1, p.33-56, 2019.
- ASHRAF S. Application of Exponential Jensen Picture Fuzzy Divergence Measure in Multi-Criteria Group Decision Making. **VL7**, v. 02, n.17, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e Documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. São Paulo: ABNT, 1994. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>.
- BANA E COSTA C.A. Três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. **Pesquisa Operacional**. Instituto Superior Técnico, v.13, n.1, 1993.
- BARRETO M. V.; MEDEIROS I.; RUIZ FILHO R. Aplicabilidade Da Lógica Fuzzy Na Gestão De Risco De Desastres Geotécnicos Do Estado De Santa Catarina. 2º Seminário Internacional de Proteção e Defesa Civil. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis,. v. 7, n. esp p. 66-85, jun. 2018.
- BARON L.G; CAMPOS D.B; SOUZA A.L.; PEREIRA D.; FAGUNDES A.B.; GRUBER R. e HORST D.J. Modelagem Fuzzy para apoio à tomada de decisão sobre as condições de trabalho em marmorarias. **Revista Brasileira de Qualidade de Vida**, v.9, n.4, p.327-349, 2017.

BARROS S.S. **Análise de riscos I. Rede e-Tec Brasil II.** Instituto Federal Do Paraná – Educação A Distância. Curitiba 2013.

BITAR S.D.; CAMPOS C.P. e IRAMINA, C.E.C. Applying Fuzzy logic to estimate the parameters of the lengthweight relationship. **Braz. J. Biol.**, v.76, n.3, p.611-618, 2016.

BRASIL. **Decreto Lei n.º 5.452**, de 1º de maio de 1943, Artigo 193. Consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm)>.

BRASIL. **Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978.** Normas Regulamentadoras. Disponível em: <[https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-3214-1978\\_180449.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-3214-1978_180449.html)>.

BROWN, A.P.E. **Análise de Risco. Boletim Técnico do GSI / NUTAU / USP.** Ano III, n.1 Jan./Fev. 98.

CAMPOS FILHO P. **Método para apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando Lógica Fuzzy.** 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CAMPOS, D. B. **Desenvolvimento de um modelo de diagnóstico de formação de competências socioemocionais para cursos de engenharia.** 220 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecno Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

CASTILLO-ROSA J.; SUÁREZ-CEBADOR M.; RUBIO-ROMERO J.C. e AGUADO J.A. Personal factors and consequences of electrical occupational accidents in the primary, secondary and tertiary sectors. **Safety Science** v.91, p.286–297, 2017.

COIMBRA, I.V.; ANDRADE T.B.M.; IASBIK I. e NETO J.D. **A importância da ergonomia para a saúde dos trabalhadores.** Seminário Científico da FACIG – 29, 30 e 31 de Out 2015.

**DECRETO-LEI Nº 5.452**, DE 1º DE MAIO DE 1943. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm)>.

**DICAS PARA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS/MECÂNICOS.** Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sstmenu?view=default>>.

ENZWEILER J.R. **Responsabilidade Civil por dano ao meio ambiente: da probabilidade pela perda da chance à possibilidade pela aplicação da Fuzzy** – Dupla Titulação: Univali, Universidade de Alicante, Espanha, 2019

ESTEVÃO L.B. **Propagação de incertezas em redes bayesianas através do método de Monte Carlo e lógica fuzzy para aplicação em análises probabilísticas de segurança de centrais nucleares.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

FAGUNDES A.B. **Modelagem Fuzzy para avaliação de desempenho ambiental do gerenciamento de resíduos sólidos industriais.** 213 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecno Federal do Paraná, Campus Curitiba, 2015.

FELICIANO FILHO, W. **Análise de risco ambiental.** Conselho Regional de Química IV Região (SP/MS) - CRQ IV – Nov. 2006.

FERREIRA FILHO, H. R.; Ramos N.C. e Silva Castro R.S. Risco, comportamento dos trabalhadores e acidentes de trabalho em uma construtora estabelecida na cidade de redenção, PA, Brasil. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2020.

FERREIRA I.A.; NOBREGA D.D.; MARQUES J.S. E SILVA J.P.G. **Análise De Risco Do Trabalho: Um Estudo De Caso Envolvendo Um operador de torno. CNC XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção Joinville, SC, Brasil, 2017.**

FREITAS N.B.B. Limites do exercício do direito de recusa ao trabalho em condições de risco grave e iminente. **Gestão & Produção**, v.1, n.1, p.77-88, Abr. 1994.

GAMA A.M.; BATISTA M.A.; OLIVEIRA C.M e OLIVEIRA J.M. **Análise dos fatores de risco de acidente no trabalho: um estudo de caso em uma movelaria do município de Itacoatiara, XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Amazonas,2016.**

JACOBSEN G.R.C. **Redes Bayesianas**; Trabalho apresentado na disciplina Estrutura de Dados; UDESC.

ICHIKAWA N. **Three-Hundred Forty-Nine Case Studies and Their Consideration of Electrical Accidents in Japan**. IEEE Transactions on Industry Applications, v.52, n.6, Nov./ Dec. 2016.

LAZZAROTTO D.R. Avaliação da Sustentabilidade da Floresta Nacional de Irati por Meio de Fuzzy. **Floresta Ambient**. v.25 n.1, Epub Mar 19, 2018.

LEITE D.S. **Controle Autônomo de Robô Móvel Baseado em Lógica Fuzzy**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle de Automação) – Pontifícia Universidade Católica - PUC, Rio, 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 01** - Disposições Gerais E Gerenciamento De Riscos Ocupacionais. Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-01-atualizada-2020.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-01-atualizada-2020.pdf)>. [Acesso em: 15 Jun 2020].

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 10** – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, 1978a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-10-atualizada-2019.pdf>>. [Acesso em: 15 Maio 2019].

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 12** – Segurança No Trabalho Em Máquinas E Equipamentos, 1978 a Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-12.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-12.pdf)>. [Acesso em: 15 Maio 2019].

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 16** – Atividades e Operações Perigosas. Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-16-atualizada-2019.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-16-atualizada-2019.pdf)>. [Acesso em: 15 Maio 2019].

MONTEIRO A.L. e BERTAGNI R.F.S. **Acidentes De Trabalho E Doenças Ocupacionais, Processos De Conhecimento E De Execução E Suas Questões Polemicas**. 10. Ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020.

NAVARRO A.F. *A (Im)Previsibilidade Da Ocorrência De Desvios, Quase Acidentes E Acidentes*, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/282671315\\_A\\_imprevisibilidade\\_da\\_ocorrencia\\_de\\_desvios\\_quase\\_acidentes\\_e\\_acidentes](https://www.researchgate.net/publication/282671315_A_imprevisibilidade_da_ocorrencia_de_desvios_quase_acidentes_e_acidentes)>. [Acesso: 15 Fev 2020].

NAVES M.C.X. **Uma Nova Óptica das Perícias Criminais em Acidentes Envolvendo Energia Elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – ENE/FT/UnB, 2016.

PAULA L.E.D. **Programa de manutenção do sistema elétrico de uma empresa atacadista**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Elétrica. Curso de Engenharia Elétrica, 2018

RUPPENTHAL J.E. **Gerenciamento de riscos**. Universidade Federal de Santa Maria; Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Apostila da Rede e-Tec Brasil, 2013.

SANTOS JUNIOR, J.R. **Segurança no trabalho em sistemas elétricos Industriais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo Campinas, SP, 2007.

SAUTER V.L. **Decision support systems for business intelligence**. 2<sup>nd</sup> ed., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 1997.

SILVA D.J.C; KOGLER D.D.G.; TONTINI J.; SANTOS A.V.S. e SILUK J.C.M. Utilização Do Método Fuzzy Topsis Para Avaliação De Alternativas De Reciclagem Dos Resíduos Sólidos Da Construção Civil. **Revista de Gestão Estratégica de Organizações**; v. 8, n.1, 2020.

SILVA F.F.B. **Desvendando a Lógica Fuzzy**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

SILVA M.D.P. **Prevenção de Acidentes nas Instalações Elétricas**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, C.R.C. **Análise e gerenciamento de riscos de processos industriais**. Apostila Pós-Graduação em Engenharia de Segurança, UFF – Universidade Federal Fluminense, 2000.

SOUSA F. L. **Acidente de Trabalho Envolvendo Eletricidade e Norma Regulamentadora Número 10 – NR 10**. Unisul. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho), 2019.

SUÁREZ-CEBADOR M.; RUBIO-ROMERO J.C. e ARQUILLOS A.L. Severity of electrical accidents in the construction industry. **Spain Journal of Safety Research**, v.48, p. 63-70, 2014.

TORRINI F.C. **Modelos de Lógica Fuzzy para a previsão de longo prazo de consumo de energia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

VIANA M.J. e SWYLMAR S.F. **Proteção contra choques-elétricos em canteiros de obras**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2018.

VILELA R.A.G.; IGUTI A.M. e ALMEIDA I.M. **Culpa da vítima: um modelo para perpetuar a impunidade nos acidentes do trabalho**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro: 20(2):570579, Mar - Abr, 2004.

## Apêndice

<b>QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO GESTOR</b>										
<b>Considerando as atividades desempenhadas pelo mecânico eletricista na manutenção de máquinas e equipamentos, avalie, atribuindo um conceito entre 0 e 10, segundo a sua percepção:</b>	<b>CONCEITO</b>									
Quanto à aplicação da NR-10 quando da realização das manutenções elétricas										
Quanto à implantação da NR-12 nas máquinas e equipamentos										
Quanto à condição do mecânico eletricista de reconhecer os riscos inerentes da sua atividade										
Quanto ao tempo que o mecânico eletricista desenvolve suas atividades nessa função										
Quanto aos cursos que o mecânico eletricista participou na sua área de atuação										
Quanto à escolaridade do mecânico eletricista										
Quanto às condições e qualidade das ferramentas utilizadas pelo mecânico eletricista no desenvolver de suas atividades										
Quanto ao enquadramento das áreas de risco segundo o anexo 4 da NR-16										
Quanto à adequação do Layout das máquinas e equipamentos										
Quanto aos EPC's instalados no ambiente de trabalho e a qualidade dos mesmos										
Quanto à suficiência dos EPI's fornecidos para a proteção do mecânico eletricista										
Quanto à apropriação dos EPI's para a proteção do mecânico eletricista no desempenho de suas atividades										
Quanto ao sistema de proteção dos circuitos elétricos das máquinas e equipamentos										
Quanto às condições das Instalações elétricas que alimentam as máquinas e equipamentos										
Quanto à independência dos circuitos para cada uma das máquinas e equipamentos										