

**INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR**

**CÁSSIO FEITOSA TRAJANO DA SILVA**

**UMA ABORDAGEM FUZZY PARA AVALIAR A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO  
CONTEXTO DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
NUCLEARES.**

Rio de Janeiro

**2024**

CÁSSIO FEITOSA TRAJANO DA SILVA

**UMA ABORDAGEM FUZZY PARA AVALIAR A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO  
CONTEXTO DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS DE CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA NUCLEARES.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências e Tecnologias Nucleares.

Orientadores: Prof. Dr. Cláudio Henrique dos Santos Grecco  
Prof. Dr. Cláudio Márcio Nascimento Abreu Pereira

Rio de Janeiro

**2024**

SILV Silva, Cássio Feitosa Trajano da

Uma abordagem fuzzy para avaliar a divulgação científica no contexto de comunicação de conteúdos de ciência e tecnologia nucleares. / Cássio Feitosa Trajano da Silva. Rio de Janeiro: CNEN/IEN, 2024.

131fl.; il. 17, 31 cm.

Orientadores: Cláudio Henrique dos Santos Grecco  
Cláudio Márcio Nascimento Abreu Pereira

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Engenharia Nuclear, PPGIEN, 2024.

1. Logica Fuzzy. 2. Divulgação Científica. 3. Critérios Norteadores. 4. Nuclear.

UMA ABORDAGEM FUZZY PARA AVALIAR A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO  
CONTEXTO DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
NUCLEARES.

Cássio Feitosa Trajano da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES DO INSTITUTO DE  
ENGENHARIA NUCLEAR COMO REQUISITO PARCIAL NECESSÁRIO PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA NUCLEARES.

Aprovada por:

---

Prof. Cláudio Henrique dos Santos Grecco, D.Sc.

---

Prof. Cláudio Márcio Nascimento Abreu Pereira, D.Sc.

---

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.

---

Prof. Ana Paula Legey de Siqueira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus avós Djalma, Jucedi, Joaquim e Francismar; aos meus pais Sérgio e Jucedi; e à minha namorada Bianca.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Cláudio Grecco, pela orientação exemplar, dedicação, empatia e amizade. Uma pessoa ímpar, cujo apoio foi fundamental para o sucesso desta pesquisa, especialmente ao me guiar no aprendizado sobre Lógica *Fuzzy*.

Ao meu orientador, Professor Cláudio Pereira, pelos valiosos ensinamentos em inteligência artificial, que enriqueceram profundamente minha formação acadêmica.

Aos professores membros da Banca Examinadora, Professor Paulo Victor e Professora Ana Paula, por aceitarem participar e por suas contribuições valiosas para o aperfeiçoamento desta dissertação.

Agradeço também ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear, Professor Zelmo, por sua disponibilidade constante, mesmo diante das suas inúmeras responsabilidades.

Aos meus amigos e colegas de mestrado, pela convivência diária, apoio mútuo e incentivo durante os momentos mais desafiadores.

À minha namorada, Bianca, por seu amor, dedicação, paciência e apoio incondicional em todos os momentos desta caminhada acadêmica. Sou profundamente grato por ter você ao meu lado, compartilhando cada conquista.

Aos meus pais, Sérgio e Jucedí, a quem devo tudo o que sou e conquistei, por me ensinarem, desde cedo, o valor da perseverança, da honestidade e do trabalho árduo. Esses princípios foram a base sobre a qual construí minha trajetória acadêmica e, sem dúvida, foram essenciais para a realização desta pesquisa. Seus exemplos de vida e apoio incondicional sempre me guiaram nos momentos mais desafiadores, inspirando-me a seguir em frente com determinação e propósito.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para o êxito deste trabalho, deixo aqui minha profunda gratidão.

"Alegações extraordinárias exigem evidências extraordinárias."

- Carl Sagan

## RESUMO

A divulgação científica tem como um dos objetivos tornar o conhecimento científico acessível e compreensível para um público que não é especializado. A transmissão do conteúdo científico para a comunidade geral sempre foi um desafio para muitos pesquisadores. Todavia, a popularização da ciência contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico da sociedade, além de desmitificar assuntos polêmicos. Por muitos anos, o setor nuclear vem sofrendo notoriamente com disseminações negativas devido ao histórico com acidentes e sua associação com armamentos de destruição em massa usados em guerras. Entretanto, tecnologias nucleares, além de seguras, trazem muitos benefícios para nós. Suas aplicações podem trazer benefícios em áreas como a saúde, na geração de energia elétrica, na agricultura, no meio ambiente, na indústria e entre outras. Desta forma, se faz necessária a divulgação científica do campo nuclear para que a sociedade tenha uma interpretação precisa sobre esse assunto. Para que a transmissão do conhecimento científico seja feita de forma efetiva, precisamos que sejam seguidos alguns critérios específicos. Esta dissertação apresenta um método de avaliação da divulgação de ciência e tecnologia nucleares, com base em critérios norteadores, usando a lógica nebulosa para lidar com a subjetividade das opiniões dos especialistas na avaliação desses critérios. A aplicação do método na divulgação científica no perfil do Instagram do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) demonstrou que essa abordagem se revela como uma ferramenta eficaz de avaliação para desenvolver estratégias no campo da divulgação científica nuclear, assim como mostrou a relevância dos critérios escolhidos nesta pesquisa, que permitem identificar pontos fortes e áreas de melhoria, possibilitando uma adaptação mais precisa das estratégias de divulgação.

**Palavras-chave:** Logica Fuzzy, Divulgação Científica, Critérios Norteadores, Nuclear.



## ABSTRACT

One of the goals of science popularization is to make scientific knowledge accessible and understandable to a non-specialized audience. The transmission of scientific content to the general public has always been a challenge for many researchers. However, the popularization of science contributes to the development of critical thinking in society and helps to demystify controversial topics. For many years, the nuclear sector has notably suffered from negative disseminations due to its history of accidents and its association with weapons of mass destruction used in wars. However, nuclear technologies, in addition to being safe, bring many benefits. Their applications can provide advantages in areas such as health, power generation, agriculture, the environment, and industry, among others. Therefore, science popularization in the nuclear field is necessary for society to have an accurate understanding of this subject. For the effective transmission of scientific knowledge, certain specific criteria need to be followed. This dissertation presents a method for evaluating the popularization of nuclear science and technology, based on guiding criteria, using fuzzy logic to deal with the subjectivity of expert opinions in the assessment of these criteria. The application of the method in the science popularization carried out by the Instagram profile of the Nuclear Engineering Institute (IEN) demonstrated that this approach proves to be an effective evaluation tool for developing strategies in the field of nuclear science popularization. It also highlighted the relevance of the criteria chosen in this research, which allow for the identification of strengths and areas for improvement, enabling a more precise adaptation of outreach strategies.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Science Popularization, Guiding Criteria, Nuclear.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diagrama de difusão científica. (Fonte: O autor, 2024). .....	26
Figura 2: Dimensões da estrutura. (Fonte: O autor, 2024). .....	42
Figura 3: Exemplo em lógica booleana (adaptado de SILVA, 2008). .....	49
Figura 4: Exemplo em lógica <i>fuzzy</i> (adaptado de SILVA, 2008). .....	50
Figura 5: Operações entre conjuntos <i>fuzzy</i> : intersecção e união (adaptado de GRECCO, 2012). .....	54
Figura 6: Representação gráfica do número <i>fuzzy</i> trapezoidal. ....	56
Figura 7: Representação gráfica do número <i>fuzzy</i> triangular. ....	57
Figura 8: Variável linguística .....	58
Figura 9: Sistema fuzzy (adaptado de WANG, 1996). .....	59
Figura 10: Etapas da segunda parte do método. ....	68
Figura 11: As variáveis linguísticas, os termos linguísticos e os gráficos das funções de pertinência. ....	71
Figura 12: Representação da área de intersecção de duas opiniões <i>fuzzy</i> (I e MI). .....	74
Figura 13: Representação da área de união de duas opiniões <i>fuzzy</i> (I e MI). .....	75
Figura 14: Etapas da terceira parte do método. ....	79
Figura 15: Funções de pertinência dos números <i>fuzzy</i> para os termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento dos critérios. ....	80
Figura 16: Representação gráfica dos graus de importância dos especialistas. ....	88
Figura 17: Função de pertinência do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. .....	95
Figura 18: Representação gráfica dos graus de atendimento da divulgação científica no Instagram do IEN ao padrão de divulgação científica. ....	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Outros termos e definições. ....	27
Quadro 2: Dimensões utilizadas a partir do modelo de Lasswell.....	42
Quadro 3: Critérios relacionados a dimensão Emissor.....	43
Quadro 4: Critérios relacionados a dimensão Mensagem. ....	44
Quadro 5: Critérios relacionados a dimensão Canal. ....	44
Quadro 6: Critérios relacionados a dimensão Receptor. ....	45
Quadro 7: Critérios relacionados a dimensão Efeito. ....	46
Quadro 8: Estrutura proposta de critérios norteadores. ....	64
Quadro 9: Avaliação dos critérios norteadores.....	67
Quadro 10: Números <i>fuzzy</i> para os termos linguísticos.....	72
Quadro 11: Valores das áreas de interseção das opiniões <i>fuzzy</i> . ....	74
Quadro 12: Valores das áreas de união das opiniões <i>fuzzy</i> .....	74
Quadro 13: Exemplo de um estabelecimento de padrão para dimensão “Canal”. ....	78
Quadro 14: Números <i>fuzzy</i> para os termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento dos critérios. ....	80
Quadro 15: Apuração dos dados coletados dos especialistas.....	87
Quadro 16: Termos linguísticos usados pelos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	89
Quadro 17: Valores da área de interseção das opiniões dos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	90
Quadro 18: Valores da área de união das opiniões dos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	90
Quadro 19: Matriz de concordância entre os especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	91
Quadro 20: Valores da concordância relativa de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	92
Quadro 21: Valores do grau de concordância relativa de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.....	93
Quadro 22: Valores do coeficiente de consenso de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”. ....	94
Quadro 23: Avaliação dos critérios de cada dimensão para o Instagram do IEN. ....	96

Quadro 24: Hierarquização dos valores do grau de importância dos critérios para o Instagram do IEN. ....	98
Quadro 25: Resultado da avaliação dos critérios pelos usuários do Instagram do IEN. ....	100
Quadro 26: Valores dos graus de atendimento dos critérios de acordo com a opinião dos usuários do Instagram do IEN. ....	102
Quadro 27: Valores das médias fuzzy dos graus de atendimento dos critérios de acordo com a opinião dos usuários do Instagram do IEN.....	104
Quadro 28: Valores dos graus de atendimento do Instagram do IEN ao padrão de divulgação científica. ....	104

## **LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS**

CNEN	- Comissão Nacional de Energia Nuclear
IEN	- Instituto de Engenharia Nuclear
IME	- Instituto Militar de Engenharia
MCTI	- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
UFRJ	- Universidade Federal do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA .....	16
1.2 QUESTÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA.....	19
1.2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	19
1.2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	19
1.3 METODOLOGIA.....	20
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	22
2.1 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	22
2.1.1 CONCEITOS INICIAIS .....	22
2.1.2 A IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	31
2.1.3 MEIOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	34
2.1.4 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A ÁREA NUCLEAR .....	36
2.2 CRITÉRIOS NORTEADORES DE UMA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	38
2.3 LÓGICA <i>FUZZY</i> .....	46
2.3.1 CONCEITOS INICIAIS .....	46
2.3.2 CONJUNTOS <i>FUZZY</i> .....	48
2.3.3 NÚMEROS <i>FUZZY</i> .....	54
2.3.4 VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS .....	58
2.3.5 SISTEMA <i>FUZZY</i> .....	59
2.3.6 MÉTODOS <i>FUZZY</i> DE TOMADA DE DECISÃO .....	61
3 O MÉTODO DE AVALIAÇÃO .....	63
3.1 A ESTRUTURA DE CRITÉRIOS .....	63
3.2 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....	67
3.3 AVALIAÇÃO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	78
4 DESCRIÇÃO DA PLATAFORMA PARA O MÉTODO DE AVALIAÇÃO.....	82
4.1 O INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR.....	82
4.2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR .....	83
4.3 AS REDES SOCIAIS DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR .....	85
5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO .....	85
5.1 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O INSTAGRAM DO IEN.....	86
5.2 AVALIAÇÃO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTAGRAM DO IEN .....	98

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	106
6.1 CONCLUSÕES.....	106
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	109
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	110
APÊNDICES .....	120

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão discutidos os elementos centrais da pesquisa, iniciando com a apresentação do tema de estudo que será abordado, seguido pela formulação clara e concisa da questão a ser investigada, e dos objetivos que se pretendem alcançar com o estudo. A metodologia adotada será detalhada, incluindo a descrição dos procedimentos empregados, a coleta e análise de dados, e as técnicas utilizadas para a interpretação dos resultados. A estrutura do trabalho será apresentada, descrevendo a organização das seções e a relação entre elas, além de uma breve explicação do conteúdo que será abordado em cada uma. Por fim, serão destacadas as contribuições do estudo para o campo de pesquisa em que se insere e para a sociedade em geral.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A área nuclear, apesar de sua relevância para o avanço científico e tecnológico, enfrenta persistentes disseminações negativas que moldam a percepção de um público geral constantemente. As provocações muitas vezes surgem de confusões, desinformação e sensacionalismo associados à natureza complexa das tecnologias nucleares. Essa falta de compreensão pode levar a concepções equivocadas sobre os riscos e benefícios envolvidos, criando um terreno fértil para a desconfiança e o medo.

Como aponta Machado (2021), a maioria da população manifesta receio em relação à energia nuclear, mostrando descontentamento com a perspectiva de residir próximo a usinas nucleares e manifestando desinteresse em consumir alimentos irradiados, com base nas informações que possuem até o momento.

A desconfiança e resistência à energia nuclear na opinião pública, por exemplo, são mais relacionadas a posicionamentos políticos e morais do que a questões técnicas, como seria mais adequado à análise de uma tecnologia. A associação trágica da energia nuclear com as bombas da Segunda Guerra Mundial contribuiu para essa imagem negativa. O uso militar gerou uma forte ligação com a destruição, resultando em persistente medo e desconfiança, mesmo em aplicações pacíficas da tecnologia nuclear (HANSEN e MACHADO, 2018).



Frente a esse cenário, nos vemos diante do desafio de reverter essas percepções negativas e destacar a importância da área nuclear e de suas pesquisas para o progresso humano. A importância da aceitação pública em relação às tecnologias nucleares é essencial para legitimar e consolidar a implementação dessas tecnologias. A aprovação pública não apenas valida as atividades nucleares, mas também fortalece a base de apoio necessário para avanços contínuos na área.

Em uma sociedade democrática, é fundamental que o público tenha o direito de expressar suas opiniões sobre a ciência e seja capacitado a fazer escolhas pessoais baseadas na razão em relação a questões científicas. Contudo, para que isso ocorra, é fundamental que as pessoas estejam devidamente informadas. Uma vez alcançado esse objetivo, é possível estabelecer um diálogo bidirecional com o público, representando uma das metas mais ambiciosas na comunicação da ciência (JOURBERT, 2004). Com isso, a necessidade de investir vigorosamente na divulgação científica, sobretudo moldar o efeito que ela traz, torna-se indispensável.

Contudo, a complexidade técnica e os potenciais impactos na sociedade referente ciência e tecnologia nucleares exigem uma abordagem comunicativa que vá além da mera transmissão de informações técnicas. É necessária uma divulgação científica eficaz, que busca envolver o público, educá-lo sobre os benefícios tangíveis das pesquisas nucleares e dissipar equívocos persistentes. Deve-se ter em mente, assim como aponta Bueno (2010), que divulgação científica tem o objetivo de democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a alfabetização científica. Além disso, visa à inclusão dos cidadãos no debate sobre temas especializados e que podem impactar diretamente sua vida e seu trabalho.

Analisar esses mecanismos de transmissão do conhecimento científico no contexto da divulgação científica, em busca de garantir o sucesso na construção de um padrão de referência, é fundamental para que instituições e divulgadores científicos tenham um ponto-base de comparação para aprimorar sua divulgação, além de servir como auxílio para que futuras pesquisas sejam embasadas em evidências científicas sólidas.

O desafio de promover um padrão de divulgação científica implica na adoção de práticas e modelos de tomada de decisão que priorizem o eficiente compartilhamento do conteúdo científico com o público. Portanto, se fez uso da revisão da literatura para buscar percepções de autores que possam ser convertidas em critérios basilares do processo da divulgação científica. Desse modo, a concepção desse padrão envolve seguir essa variedade de critérios.

A divulgação científica, delineada por tais critérios identificados na revisão da literatura, destaca-se como uma peça-chave para a construção de pontes entre a comunidade científica e a

sociedade em geral. Os critérios, nesse contexto, são os pilares que sustentam uma comunicação pública da ciência eficiente, orientando a ação de divulgar desde a concepção da mensagem até o momento de sua entrega ao público. Esses critérios desempenham um papel decisivo na modelagem da comunicação, atuando como diretrizes que influenciam não apenas o conteúdo do que deve ser comunicado, mas também como essa comunicação é estruturada.

Ao analisarmos a divulgação científica como um processo, identificamos elementos interconectados, configurando-se como um modelo de comunicação. Observa-se que cada critério pode ser associado a um desses elementos. A integração desses critérios com as dimensões relacionadas aos elementos de comunicação propostos por Lasswell traz uma abordagem estruturada para a análise da divulgação científica. Lasswell, conhecido por seu modelo de comunicação, destacou cinco elementos-chave: quem, diz o que, através de que canal, para quem e com que efeito (BAPTISTA, 2017; CARVALHO, 2012; SANTEE; TEMER, 2011; SOUSA, 2006; WOLF, 1985). Ao alinhar os critérios de avaliação com esses elementos, é possível desenvolver uma compreensão mais profunda e contextualizada da eficácia da divulgação científica dentro de cada componente de uma transmissão de conteúdo, ou seja, dentro do emissor, da mensagem, do canal, do receptor e do efeito.

Desse modo, a análise, elaboração e implementação de estratégias voltadas para aprimorar o processo da divulgação científica, para que possamos atenuar potenciais efeitos adversos decorrentes de uma propagação desfavorável da tecnologia nuclear, representam a justificativa fundamental e o impulso motivacional subjacentes a esta dissertação de mestrado.

A decisão do emprego de princípios da teoria dos conjuntos *fuzzy* revela-se de suma importância, uma vez que proporciona uma estrutura matemática rigorosa, possibilitando a representação precisa e a análise esmiuçadora de fenômenos conceitualmente difusos. Nesse contexto, a justificativa para a adoção dessa abordagem ganha ainda mais relevância no desenvolvimento de uma metodologia voltada à avaliação da divulgação científica. Isso se justifica pelo fato de que tal processo de tomada de decisão está intrinsecamente vinculado às pessoas, permeado por suas inerentes subjetividades.

O método apresentado nesta dissertação, utilizando uma estrutura de critérios avaliada por meio da lógica *fuzzy*, foi aplicado no Instagram do IEN. O Instagram do IEN pode ser definido como uma plataforma dinâmica e interativa, proporcionando um canal eficaz de divulgação. Os resultados mostraram que o método é uma boa ferramenta de avaliação para o desenvolvimento de estratégias de divulgação científica. É importante ressaltar que este método aplicado no âmbito de uma das redes sociais do IEN é relevante pela necessidade de práticas que permitam tanto a disseminação eficaz de informações quanto a interação significativa com

o público-alvo. A integração dessas abordagens pode contribuir não apenas para a promoção do conhecimento nuclear, mas também para o fortalecimento do engajamento e da conscientização sobre temas científicos importantes.

## 1.2 QUESTÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

Após realizar uma revisão da literatura existente, verificou-se uma significativa carência de abordagens estruturadas que lidam com a subjetividade dos julgamentos humanos na análise de diretrizes para a divulgação científica da área nuclear.

Diante dessa constatação, surge uma questão que se coloca como o norteador central desta pesquisa: "Como podemos desenvolver métodos e estratégias que permitam avaliar de maneira sólida a comunicação de conteúdos sobre ciência e tecnologia nucleares, para o público não especializado, considerando uma estrutura de critérios, capazes de aperfeiçoar uma divulgação científica?"

Nesse contexto, é imprescindível considerar a complexidade e as particularidades envolvidas na disseminação de conteúdos científicos para o público não especializado. Ademais, a compreensão dos aspectos subjetivos e a busca pela consistência dos julgamentos humanos são elementos cruciais para um processo avaliativo que contribua com a divulgação científica, corroborando com a popularização do conhecimento científico nuclear.

### 1.2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Considerando a literatura especializada, é reconhecido que existem critérios estabelecidos para orientar o processo de divulgação científica. A compreensão e mapeamento desses critérios emergem como aspectos cruciais para avaliar a eficácia das práticas de divulgação científica. A avaliação desses critérios, por sua vez, necessita do julgamento de especialistas, cujas análises são embasadas em expressões linguísticas. O tratamento dessas

manifestações pode adotar uma abordagem *fuzzy*, uma ferramenta valiosa para representar o conhecimento em ambientes incertos.

Diante do exposto, o propósito desta dissertação consiste em empregar os fundamentos da lógica *fuzzy* para desenvolver um método de avaliação da divulgação de conteúdos de ciência e tecnologia nucleares, fundamentado em uma estrutura de critérios.

### 1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para a elaboração desta dissertação abrange uma abordagem híbrida que combina elementos qualitativos e quantitativos. A primeira parte da dissertação segue uma abordagem qualitativa, em que é realizada uma revisão detalhada da literatura científica pertinente ao tema em questão. Essa revisão da literatura busca identificar e analisar as principais tendências, teorias e abordagens utilizadas na área da divulgação científica. Já a segunda parte da dissertação adota uma abordagem quantitativa, especificamente baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy*. Nesta etapa, é apresentado um método para avaliar a comunicação de conteúdos de ciência e tecnologia nucleares com o objetivo de mensurar sua eficácia e assegurar a excelência na divulgação científica. Esse método de avaliação considera critérios que são essenciais para o processo de divulgação científica. Nesse contexto, o método de avaliação proposto aborda duas situações distintas que são discutidas ao longo desta dissertação:

- Determinação de um padrão de divulgação científica para um domínio em questão;
- Avaliação da divulgação científica desse domínio, apoiando-se no padrão definido.

No contexto da estrutura metodológica empregada para o desenvolvimento desta dissertação, é de suma relevância ressaltar que o método concebido foi implementado no Instagram do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). Tal decisão fundamenta-se no fato de que os domínios da engenharia e das ciências nucleares são intrinsecamente vinculados à esfera da teoria aplicada. Desse modo, é imprescindível a elaboração de uma abordagem teórica sólida, a qual seja prontamente aplicável em um cenário real. Essa escolha estratégica permite não apenas uma maior pertinência do estudo em relação ao campo de investigação, mas também

viabiliza uma verificação empírica dos resultados obtidos, conferindo maior robustez e validade às conclusões alcançadas. Nesse sentido, a abordagem teórico-prática adotada promove uma interconexão ímpar entre os fundamentos científicos e a sua implementação efetiva, fomentando a convergência entre o conhecimento teórico e as demandas práticas do campo. Dessa maneira, é possível vislumbrar uma progressão ascendente no entendimento e na aplicação dos princípios teóricos, com vistas a aprimorar as práticas comunicativas e otimizar a popularização do conhecimento científico nuclear.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação compreende seis capítulos, sendo que a introdução, juntamente com os demais capítulos, é brevemente descrita nesta seção.

No segundo capítulo são abordados definição, importância e meios de divulgação científica, juntamente com a delimitação dos conceitos dos termos adjacentes. Além disso, nesse capítulo, são expostos os critérios derivados das percepções de diversos autores sobre o processo de divulgação científica e a lógica *fuzzy*, fundamentando, assim, o método de avaliação proposto.

No terceiro capítulo são apresentadas as três etapas do método de avaliação da divulgação de conteúdos de ciência e tecnologia nucleares. Na primeira etapa deste método, foi elaborada uma estrutura de critérios e suas avaliações por meio de métricas subjetivas. A segunda etapa do método destaca a determinação do padrão de divulgação científica. Nesta etapa, utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, buscou-se obter dos especialistas o grau de importância de cada critério, visando eficiência na divulgação científica. Os graus de importância atribuídos aos critérios pelos especialistas refletem como o local a idealização do local. Para essa etapa, foi empregado o método de agregação de similaridades proposto por Hsu e Chen (1996). A terceira etapa, também fundamentada na teoria dos conjuntos *fuzzy*, apresenta o processo de avaliação da divulgação científica de um local, baseando-se no padrão definido na etapa anterior. Como resultado da avaliação final do local, são gerados graus de atendimento ao padrão, revelando o quanto o local avaliado se aproxima, em percentual, do padrão ideal estabelecido.

No quarto capítulo são detalhadas as redes sociais do IEN, que constituíram o ambiente no qual o método de avaliação foi implementado, bem como o próprio instituto e seu envolvimento com a divulgação científica.

No quinto capítulo é discutida a aplicação do método no Instagram do IEN.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações derivadas da pesquisa. A análise crítica dos resultados obtidos no estudo é utilizada como base para a formulação de sugestões práticas e estratégicas, visando aprimorar futuras iniciativas de divulgação científica.

O questionário destinado à coleta de dados dos especialistas, bem como os questionários para determinação do padrão ideal de divulgação científica e para avaliação da divulgação científica no Instagram do IEN, estão disponíveis nos apêndices 1, 2 e 3.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo deste capítulo, diversos elementos serão incorporados com a intenção de estabelecer a fundamentação teórica. Para atingir este objetivo, serão apresentados conceitos que são fundamentais para a compreensão das teorias e abordagens desta dissertação.

Compreender a fundamentação teórica é um ato basilar para uma leitura crítica e eficaz deste estudo. Ao revisar os conceitos apresentados neste capítulo, os leitores terão uma compreensão mais lúcida das próximas discussões e poderão avaliar melhor como o trabalho contribui para o campo de estudo em questão.

Na construção do conhecimento, este capítulo desempenha um papel vital e requer uma leitura atenta e cuidadosa. Ele serve de base para elaborações posteriores sobre teorias e interações delineadas no texto.

### 2.1 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

#### 2.1.1 CONCEITOS INICIAIS

Além de explorarmos o significado da divulgação científica, é fundamental delimitar alguns conceitos para assegurarmos precisão em nossa análise. Conforme foi apontado por Massarani (1998), é pertinente abordar a distinção entre os termos difusão, disseminação, vulgarização, divulgação e popularização da ciência, uma vez que frequentemente são empregados de forma inadequada como sinônimos. Nesse contexto, a autora ressalta a influência significativa do termo vulgarização, originário do idioma francês, na terminologia utilizada no Brasil. Por outro lado, o termo popularização é mais comumente empregado em países de língua inglesa, embora alguns estudiosos defendam a adoção do conceito de comunicação pública em ciência. Segundo a autora supracitada, atualmente no Brasil prevalece a hegemonia do uso da expressão divulgação científica, sendo assim, dentro de seu estudo, ela sugere considerar a vulgarização, a divulgação, a popularização e a comunicação pública como possuindo significados equivalentes, diferenciando-se, contudo, da difusão e da disseminação. Essa reflexão aponta para a importância de estabelecer uma terminologia precisa e coerente no campo da divulgação científica, a fim de promover uma familiarização adequada dos diferentes processos e práticas relacionados à transmissão do conhecimento científico.

A partir da literatura, podemos entender a divulgação científica como tendo a finalidade de levar o conhecimento científico para um público geral - o público não especializado, deixando a ciência mais acessível e compreensível para todos. É um conjunto de atividades que pode incluir além da propagação de informações sobre descobertas científicas, a popularização de novas tecnologias, dados sobre o meio ambiente, saúde, astronomia entre outros temas. Para Albagli (1996), a divulgação científica se trata da tradução de uma linguagem especializada para a linguagem popular com o objetivo de alcançar um público menos restrito. O que corrobora com a afirmação de Bueno (1985), de que a divulgação científica implica em um processo de recodificação, ou seja, na tradução de uma linguagem especializada para uma linguagem mais acessível, visando tornar o conteúdo compreensível a um vasto público. O autor ainda se aprofunda declarando que a divulgação científica envolve a aplicação de recursos, técnicas e processos para disseminar informações científicas e tecnológicas para o público em geral.

A divulgação científica é um termo que frequentemente pode ser confundido com "comunicação científica". Entretanto, apesar de compartilharem o propósito de transmitir conhecimento científico, esses conceitos divergem em relação ao público-alvo, e, ademais, exigem distintos níveis de profundidade na comunicação. Pode-se afirmar que "enquanto a comunicação científica é a forma de estabelecer o diálogo com o público da comunidade científica – comunicação entre os pares -, a divulgação científica visa à comunicação para o

público diversificado, fora da comunidade científica” (VALERIO e PINHEIRO, 2008). Desta forma, podemos identificar um ponto de divergência importante entre os termos – o público-alvo. Na comunicação científica, o público é formado por especialistas; na divulgação científica, o público é, predominantemente, não especializado e não possui, necessariamente, formação técnico-científica para decodificar jargões técnicos ou compreender conceitos especializados (BUENO, 2010). Ademais, outros aspectos bastante distintos e que necessitam ser enunciados além do perfil do público são: o nível de discurso, a natureza dos canais ou ambientes utilizados para sua veiculação e a intenção explícita de cada processo em particular (BUENO, 2010).

Para Bueno (2010), comunicação científica refere-se à transmissão de informações científicas, tecnológicas ou relacionadas a inovações, direcionadas especificamente a especialistas em determinadas áreas do conhecimento. No mesmo sentido, a definição de comunicação científica segundo Garvey (1979), se dá por um conjunto de atividades relacionadas à produção, disseminação e uso da informação, desde o instante em que o acadêmico concebe uma ideia de pesquisa até a validação dos resultados obtidos e sua aceitação pela comunidade acadêmica. A origem da informação acontece durante a fase de pesquisa, enquanto a sua disseminação ocorre por meio da transmissão através de canais de comunicação heterogêneos, que podem ser formais ou informais.

Uma comunicação informal é em geral efêmera, sendo posta à disposição apenas de um público limitado. A maior parte da informação falada é, portanto, informal, do mesmo modo que a maioria das cartas pessoais. Ao contrário, uma comunicação formal encontra-se disponível por longos períodos de tempo para um público amplo. Os periódicos e os livros são publicados (isto é, tornados públicos) e em seguida armazenados por longos períodos em bibliotecas, de modo que são exemplos arquetípicos de comunicações formais. (MEADOWS, 1999).

Ampliando um pouco mais nosso vocábulo, para a definição de comunicação científica, trazemos o termo “disseminação científica”, que podemos descrever como “O processo de disseminação da ciência e da tecnologia pressupõe a transferência de informações científicas e tecnológicas, transcritas em códigos especializados, a um público seletivo, formado por especialistas” (BUENO, 1985). Nesse contexto, dentro dos propósitos desta dissertação, é possível discernir analogia entre os termos, conferindo-lhes uma condição sinônima que os aproxima em significado e essência, proporcionando uma harmonia conceitual. Portanto, para concluir a definição de comunicação científica (ou disseminação científica), podemos dizer que



é a propagação de informações de pesquisas científicas propostas por um pesquisador, validadas por outros cientistas, que se destinam a especialistas.

Um outro termo a qual devemos ter familiaridade com seu conceito é o “jornalismo científico”, que para Bueno (1985), é a divulgação de fatos e informações científicas e tecnológicas que permitem ao cidadão comum conhecer novas descobertas científicas e de suas implicações políticas, econômicas e socioculturais. No entanto, é importante observar, conforme apontado pelo próprio autor no mesmo artigo, que o jornalismo científico está inserido no sistema de produção jornalística, diferentemente do restante das divulgações científicas. “O rigor conceitual obriga-nos a distinguir o jornalismo científico da divulgação científica, tratando a primeira atividade como espécie da segunda” (BUENO, 1985). Essa distinção é corroborada por Lima (2008), que destaca que o jornalismo científico envolve a disseminação de informações relacionadas à ciência e tecnologia através dos meios de comunicação de massa, aderindo aos critérios e ao sistema de produção jornalística. O jornalismo científico pode incluir entrevistas com cientistas, coberturas sobre novas pesquisas, análise crítica das investigações e apresentação de informações com clareza e precisão. Como uma divulgação, ele contribui no aumento da conscientização e do conhecimento público sobre ciência e tecnologia, além de promover a discussão e o debate sobre questões científicas relevantes para a sociedade. Por esses motivos, o jornalismo científico é uma parte essencial da divulgação científica. Em uma entrevista que foi convertida em artigo científico, Bueno responde para Tôzo – autora do artigo – sobre a definição de jornalismo científico, o que pode reforçar nosso conceito.

Carla de Oliveira Tôzo: Qual a definição de jornalismo científico?

Wilson da Costa Bueno: É a veiculação de informações de Ciência, Tecnologia e Inovação obedecendo os critérios de sistema de produção jornalística porque a gente tem a divulgação científica que não é jornalismo. A divulgação científica é muito mais ampla, ela envolve teatro e até roteiro de música de carnaval, você tem história em quadrinhos, tem um monte de coisas que trabalham a divulgação científica e que não são jornalismo. A diferença básica entre jornalismo e divulgação é a prática. Uma obedece ao sistema de produção jornalística em que você tem os leads, a sua forma de produção, a pirâmide invertida, aquelas coisas todas que se mantêm no jornalismo tradicional e não se mantêm nas mídias sociais. A outra, a divulgação científica, não tem esse compromisso (TÔZO, 2022).

Desta forma, podemos dizer que o jornalismo científico é uma parte da divulgação científica, e “Ao profissional que nele atua cabe conciliar o papel informativo/disseminador de Informação Científica e Tecnológica com as regras, princípios e rotinas produtivas da imprensa (RUBLECKI, 2009).

Já a difusão científica, como é observado na literatura, em sua amplitude e acessibilidade, transcende as fronteiras da comunicação científica e divulgação científica. Albagli (1996), afirma que a divulgação científica tem um conceito que é mais restrito do que difusão científica e mais extenso do que comunicação científica. “Neste sentido, a difusão incorpora a divulgação científica, a disseminação científica e o próprio jornalismo científico, considerando-os como suas espécies” (BUENO, 1985). Ainda de acordo com Bueno (1985), segundo a linguagem em que as informações são escritas e segundo o público a que estas se destinam, a difusão científica pode ser pensada em pelo menos dois níveis: a difusão para especialistas e difusão para o público em geral. No primeiro, podemos confundir a difusão com a disseminação da ciência; no segundo, retrata-se, precisamente, o conceito de divulgação científica. Com base na literatura disposta, podemos dizer que na difusão científica estão contidas a divulgação científica e a comunicação científica. Para uma compreensão mais acessível e didática, e para que seja possível inferir com maior precisão os conceitos e ideias que são discutidos no texto, é possível recorrer à análise da Figura 1 que é apresentada a seguir.

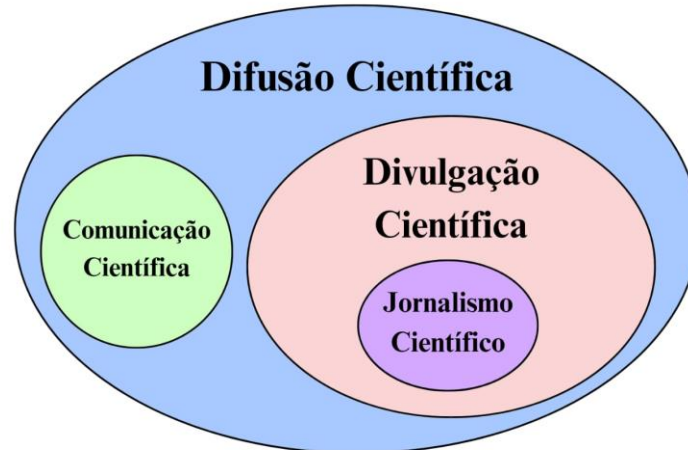


Figura 1: Diagrama de difusão científica. (Fonte: O autor, 2024).

Com base nos conceitos e definições apresentados até aqui, é possível delimitar o que é divulgação científica, comunicação científica, disseminação científica e jornalismo científico. Cada termo explorado revela suas nuances específicas, contribuindo para uma visão mais clara das distintas formas de interação entre a ciência e a sociedade. Ao estabelecer fronteiras claras entre esses termos, torna-se possível reconhecer a singularidade de cada abordagem, bem como compreender suas interconexões e complementaridades. Todavia, além desses termos citados,

podemos ocasionalmente encontrar na literatura algumas percepções e ideias que fazem parte do tema e são importantes nos familiarizarmos, como as de Burns, O'Connor e Stocklmayer (2003), que elaboram as seguintes concepções dispostas no Quadro 1.

<b>Termos</b>	<b>Definições</b>
Conscientização pública da ciência	Promove atitudes positivas em relação à ciência.
Compreensão pública da ciência	Facilita a compreensão do conteúdo, dos processos e fatores sociais envolvidos na ciência.
Alfabetização científica	Situação ideal em que as pessoas estão cientes, interessadas e envolvidas, formam opiniões sobre, e buscam compreender a ciência.
Cultura científica	Um ambiente que abrange toda a sociedade que aprecia e apoia a ciência e a alfabetização científica.

Quadro 1: Outros termos e definições.

Essas percepções são importantes para uma compreensão do tema, sobretudo a alfabetização científica. Bueno (2010) destaca que a divulgação científica cumpre uma função primordial: democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Além disso, segundo Vogt, Cerqueira e Kanashiro (2008), existe uma concepção amplamente difundida de que a divulgação científica desempenha o papel de suprir a falta de informações que o público leigo possui em relação à ciência, sugerindo, assim, que esse público é analfabeto cientificamente.

É essencial explorarmos a alfabetização científica, considerando que há questionamentos em relação à terminologia associada. Alguns autores referem-se a esse conceito como "letramento científico". Contudo, para compreender plenamente essas expressões, é imprescindível voltar às raízes dos conceitos. Antes de mergulharmos nas discussões sobre essa terminologia, é fundamental ter uma compreensão precisa dos significados de alfabetização e letramento, esclarecendo suas diferenças - ou não - e o contexto

acerca de discussões sobre as definições. Existem indagações a respeito dos termos alfabetização e letramento serem conceitualmente distintos apesar de estarem intrinsecamente relacionados, ou se a alfabetização tem um significado mais extenso, se alinhando com a definição das obras de Paulo Freire.

Alguns autores definem que a alfabetização se constitui no processo de ensino e aprendizado da representação da linguagem humana, ou seja, a escrita alfabética-ortográfica. Para Magda Soares (1998), alfabetizar é tornar o indivíduo capaz de ler e escrever. A autora ainda afirma que “aprender a ler e escrever significa adquirir uma tecnologia, a de codificar em língua escrita e de decodificar a língua escrita; apropriar-se da escrita é tornar a escrita ‘própria’, ou seja, é assumi-la como sua ‘propriedade’” (SOARES, 1998). De acordo com pesquisadores que defendem essa posição, é importante ressaltar que a alfabetização é apenas o primeiro passo em direção ao desenvolvimento de uma habilidade mais complexa, o letramento. Esse conceito está intrinsecamente ligado à ampliação do bom senso adquirido na alfabetização, já que engloba os diversos usos e funções sociais que a leitura e escrita possuem na sociedade contemporânea.

Letramento é um neologismo importado pela tradução da palavra inglesa “literacy” (SOARES, 1998). O letramento é um processo que implica no desenvolvimento das habilidades de compreensão leitora e na compreensão dos significados reais da língua escrita. Uma colocação interessante da pesquisadora Kleiman (1995), afirma que o letramento é “um conjunto de práticas sociais que usam a escrita, enquanto sistema simbólico e enquanto tecnologia, em contextos específicos”. O que traz sentido a interpretação de que o letramento “é o estado ou a condição de quem sabe não apenas ler e escrever, mas cultiva e exerce as práticas sociais que usam a escrita” (SOARES, 1998). Nessa perspectiva, é amplamente constatado que é de extrema importância que indivíduos letrados compreendam como utilizar a escrita de forma autônoma, sem a necessidade de ajuda. Portanto, torna-se essencial para que a pessoa seja letrada o emprego da língua escrita em práticas sociais variadas, nas quais ela é utilizada.

Considerando todos os aspectos abordados até aqui, ser alfabetizado, assim, implica na habilidade de escrever, ainda que a simples aquisição dessa habilidade não seja suficiente. Para se tornar letrado, é preciso desenvolver o hábito, a habilidade e, inclusive, o prazer em ler e escrever textos de diversos tipos e formas. Na visão de Magda Soares (1998), a alfabetização é a ação de ensinar/aprender a ler e a escrever; enquanto o letramento se refere à situação de indivíduos que não apenas possuem a habilidade de ler e escrever, mas também desenvolvem e aplicam práticas sociais que envolvem a utilização da escrita. Sob esse prisma, a compreensão

e utilização efetiva da língua escrita vão além da alfabetização, constituindo-se num processo contínuo e sempre em evolução.

Ainda na perspectiva de autores que não assumem uma visão mais extensa para o termo “alfabetização”, podemos extrair também que o letramento e a alfabetização não podem ser concebidos a partir de uma lógica binária, ou seja, não é possível estabelecer uma polaridade equivalentemente oposta entre os dois conceitos. Além disso, a condição de letrado pressupõe a alfabetização, mas não pode ser resumida a ela, visto que o letramento engloba habilidades e competências que transcendem o domínio do código escrito e se manifestam em diferentes contextos e práticas sociais. Por outro lado, ser alfabetizado não garante necessariamente o desenvolvimento pleno do letramento.

Em um ponto de vista mais freiriano, podemos identificar que o termo “alfabetização” não se limita apenas à habilidade de ler e escrever, ela abrange uma visão mais ampla e holística. Para Paulo Freire (1987), “a alfabetização não é um jogo de palavras, é a consciência reflexiva da cultura, a reconstrução crítica do mundo humano, a abertura de novos caminhos, o projeto histórico de um mundo comum, a bravura de dizer a sua palavra”.

Gadotti (2008) elucida que Freire defendia que a leitura do mundo antecede a leitura da palavra, fundamentando-se na antropologia. Ele acreditava que o ser humano, muito antes de criar códigos linguísticos, já lia e interpretava seu mundo. Para Freire, o processo de alfabetização, assim como toda a educação, vai muito além do simples aprendizado das letras. Além disso, Gadotti (2008) afirma que alfabetizar não se limita a ensinar as letras. Envolve, na verdade, uma reinvenção da escrita, uma reconstrução do processo de produção desse objeto sociocultural. O letramento, por sua vez, é apenas uma componente da alfabetização.

Afirmar que "letramento" é mais abrangente que "alfabetização" ou que são equivalentes é um equívoco, pois são conceitos distintos e complementares. Infelizmente, há uma tentativa de esvaziar o caráter político da educação e da alfabetização, uma armadilha na qual muitos educadores têm caído. Isso não é apenas uma questão terminológica, mas uma posição ideológica que nega a tradição freiriana, que vê a educação como um ato político. A palavra "alfabetização" tem um peso e tradição no contexto da educação popular, sendo uma grande contribuição da América Latina. Usar "letramento" como sinônimo de alfabetização contraria essa tradição, reduzindo a alfabetização a uma simples técnica de leitura e escrita (GADOTTI, 2008).

Os questionamentos propostos por teóricos acerca das definições de letramento e alfabetização transcendem o segmento e alcançam seus descendentes – letramento científico e alfabetização científica – deixando de herança, relacionadas à os termos de origem,

divergências entre autores quanto às suas definições corretas. No artigo “Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual?”, Anderson Bertoldi (2020) tenta elucidar se o letramento científico e a alfabetização científica são uma variação de denominação ou uma diferença conceitual. A partir do seu estudo, o autor conclui que há três linhas de autores com diferentes declarações para termos.

Bertoldi (2020), verifica que há um grupo de pesquisadores da educação científica, que trata alfabetização científica e letramento científico como uma variação de denominação. Apesar de terem o conhecimento das diferenças conceituais entre letramento e alfabetização e dos autores da área de letramento, preferem por utilizar alfabetização científica por influência da concepção freiriana de leitura do mundo. Um dos pesquisadores que seguem essa linha de pensamento é Attico Chassot, que defende que “a ciência seja uma linguagem; assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo” (CHASSOT, 2003).

Uma segunda linha de autores indicada por Bertoldi (2020), trata letramento científico e alfabetização científica como conceitos divergentes, fundamentando-se na distinção entre alfabetização e letramento proposta por Magda Soares. Como podemos observar na definição de Gomes e Santos (2018), onde declaram que alfabetização científica diz respeito à habilidade de compreender, empregar e refletir sobre um assunto, fazendo uso da linguagem científica. Já o letramento científico está relacionado à função e prática social que envolve o uso do conhecimento científico.

Já o terceiro grupo de pesquisadores indicado Bertoldi (2020), diferencia alfabetização científica de letramento científico não por acreditarem que se trata de dois processos distintos, mas por negarem a pertinência da relação metafórica entre alfabetização e educação científica. “Considerando o letramento como um processo de construção de conhecimento baseado na linguagem escrita, que dificilmente parte de um nível nulo, esse grupo julga que o conhecimento prévio do aluno deva ser respeitado” (BERTOLDI, 2020).

Dito isto, podemos concluir que enquanto alguns pesquisadores avaliam apenas como uma variação de nomenclatura, outros acreditam que há uma distinção conceitual. Entretanto, o intuito deste capítulo não é dar uma definição de qual termo é o correto. O objetivo é apenas mostrar importância e eficiência da divulgação científica como uma ferramenta de desenvolvimento de um pensamento científico coerente e de construção do conhecimento. Como forma de promover uma melhor compreensão do conteúdo abordado, será utilizado a

expressão "alfabetização científica" ao longo deste texto, como um meio de se referir aos termos em debate.

### 2.1.2 A IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Com as definições propostas por pesquisadores citados neste capítulo, podemos dizer que a divulgação científica busca transmitir e traduzir o conhecimento produzido por pesquisadores em uma linguagem objetiva e descomplicada, fugindo de jargões técnicos, tornando-o acessível ao público geral. Portanto, a divulgação científica desempenha um papel fundamental na popularização do conhecimento científico, contribuindo para a democratização das descobertas, tecnologias e informações produzidas no meio acadêmico, e no combate a narrativas falsas e desinformações que cercam a ciência, viabilizando a tomada de decisões baseada em evidências. Desempenhando, assim, mesmo sem um caráter formativo, ou seja, trabalhando fora dos parâmetros da educação formal, um papel fundamental na alfabetização científica – ou letramento científico, que é essencial para a compreensão dos avanços científicos e tecnológicos, formando uma sociedade menos desinformada e com um melhor senso crítico.

Albagli (1996) indica que a importância da divulgação científica pode ser analisada em três contextos: educacional, cívico e de mobilização popular.

No contexto educacional, a divulgação científica amplifica o entendimento do público leigo sobre o processo científico e sua lógica. Neste caso, trata-se de comunicar informações científicas tanto de forma prática, com o propósito de esclarecer os indivíduos sobre a descoberta e a resolução de problemas relacionados a fenômenos já cientificamente examinados, quanto de forma cultural, buscando estimular a curiosidade científica como atributo humano. Nesse contexto, a divulgação científica pode se confundir com a educação científica.

No contexto cívico, a divulgação científica está relacionada à construção da opinião pública acerca dos impactos do avanço científico e tecnológico na sociedade. Nesse cenário, trata-se de comunicar informação científica direcionada para o fortalecimento da consciência cidadã em relação a temas sociais, econômicos e ambientais.

Na mobilização popular, quer dizer, a ampliação da possibilidade e qualidade da participação da sociedade na formulação de políticas públicas e na escolha de opções

tecnológicas. Nesse sentido, trata-se de comunicar informações científicas que instrumentalizem os atores para intervir de maneira mais eficaz no processo decisório.

A divulgação científica, segundo Bueno (2010), também se destaca por meio de sua função primordial de democratização do acesso ao conhecimento científico, permitindo que um espectro mais amplo da sociedade possa familiarizar-se com os intrincados processos subjacentes à ciência e à investigação científica. Portanto, contribui para envolver os cidadãos no diálogo acerca de assuntos especializados que têm potencial para impactar significativamente suas vidas e atividades profissionais.

A divulgação científica é uma colaboradora da construção do conhecimento, o que proporciona uma alfabetização científica do seu público-alvo. Targino e Torres (2014) acreditam que comunicação do que é produzido no campo científico e tecnológico exerce um impacto incalculável na construção do conhecimento e no progresso de uma nação. A ciência e a tecnologia desempenham um papel crucial na evolução da humanidade, exigindo que os cidadãos desenvolvam habilidades para compreender o mundo científico. A falta de acesso a novos conhecimentos pode limitar a participação cívica.

Quando discutimos "alfabetização científica", estamos abordando o processo de aperfeiçoamento do entendimento em relação à ciência, com o propósito de uma compreensão mais profunda do mundo que nos cerca. É crucial ressaltar que a ciência desempenha um papel fundamental na tornar o universo mais acessível e compreensível, permitindo-nos desvendar seus mistérios através de uma nova perspectiva. Em suma, a ciência representa uma ferramenta poderosa que nos auxilia a entender melhor o funcionamento da realidade. Indivíduos que carecem de alfabetização científica completa podem enfrentar dificuldades para lidar com questões e situações que demandam o conhecimento e a aplicação de conceitos e práticas científicas. Dessa forma, essa falta de habilidade pode limitar o seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Para Chassot (2003), assim como se espera que os indivíduos alfabetizados na língua materna sejam cidadãos críticos, em contraste, por exemplo, àqueles que Bertolt Brecht classifica como analfabetos políticos, seria desejável que os proficientes na alfabetização científica não apenas tivessem uma leitura facilitada do mundo em que vivem, mas também compreendessem a necessidade de transformá-lo - e, de preferência, transformá-lo para algo melhor.

Compreender as pesquisas científicas é fundamental, já que frequentemente resultam em soluções tangíveis que impactam diretamente a vida cotidiana das pessoas. A aplicação desses conhecimentos pressupõe que a sociedade tenha uma compreensão sólida das mecânicas



subjacentes a essas descobertas científicas. Nesse contexto, a alfabetização científica emerge como um meio crucial para o acesso e construção do conhecimento, proporcionando ao indivíduo uma compreensão mais aprofundada do mundo e uma capacidade de entendimento dos problemas de natureza complexa. Ao adquirir competências científicas, as pessoas se capacitam a interpretar e avaliar criticamente as informações, contribuindo assim para a promoção de uma sociedade mais informada e capaz de lidar eficazmente com os desafios contemporâneos. “Numa sociedade em que se convive com a supervalorização do conhecimento científico e com a crescente intervenção da tecnologia no dia a dia, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem do saber científico” (BRASIL, 1997).

Podemos notar também que na sociedade contemporânea, há uma demanda por um volume significativamente maior de informações do que em qualquer momento anterior. Isso se deve à necessidade de realizar tarefas cotidianas, fazer escolhas de consumo, integrar-se ao mercado de trabalho, interpretar e avaliar informações científicas veiculadas pela mídia e influenciar decisões políticas relacionadas a investimentos em pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e suas aplicações. Apesar de muitas pessoas utilizarem e estarem expostas a uma variedade de produtos científicos e tecnológicos, a reflexão sobre os processos envolvidos em sua criação, produção e distribuição é limitada. Isso resulta em indivíduos que, devido à falta de informação, não exercem escolhas autônomas, tornando-se subordinados às regras do mercado e da mídia. Esse cenário impede o pleno exercício de uma cidadania crítica e consciente (BRASIL, 1997).

Um outro ponto de relevância a ser considerado sobre divulgação científica é em relação a disseminação de *fake news*, que tem representado um desafio significativo para a sociedade contemporânea. Com o advento das mídias sociais e a facilidade de compartilhamento de informações na era digital, o problema se tornou ainda mais premente e disseminado. As *fake news* são frequentemente utilizadas como ferramentas de manipulação e propaganda, visando influenciar opiniões, distorcer narrativas e semear a discórdia. Essas informações falsas não apenas confundem e enganam o público, mas também minam a confiança nas instituições democráticas e nos processos de tomada de decisão baseados em evidências. Quando as pessoas são expostas repetidamente a conteúdos enganosos e desinformativos, tornam-se mais suscetíveis a acreditar em teorias da conspiração e a questionar a validade de fontes confiáveis de informação. Para Dantas e Deccache-Maia (2020), uma das possibilidades de se combater as *fake news* e deixar a população menos vulnerável é estimular um maior diálogo entre a ciência e a população. Podemos atingir esse objetivo com atividades de divulgação científica,

cujo propósito é estender o acesso aos conhecimentos científicos produzidos, estimulando o senso crítico e a alfabetização científica do público em geral.

É essencial ressaltar que a tarefa de divulgação da ciência não deve ser encarada como um gesto de benevolência por parte da academia ou de outros centros de pesquisa em relação à população em geral; é, antes, uma responsabilidade. Isso decorre do reconhecimento de que a produção do conhecimento científico é viabilizada pelo esforço contínuo de indivíduos, muitos dos quais, na estrutura social hierarquizada, não têm acesso ao ambiente acadêmico. Dado que esses sujeitos não têm oportunidade de participar diretamente do processo de geração de conhecimento científico ou de familiarizar-se com sua terminologia especializada, é imperativo que os cientistas considerem a divulgação como uma componente ética e essencial de sua prática científica. A divulgação científica tem o dever intrínseco de apresentar à população os resultados e procedimentos da ciência, mantendo um compromisso inabalável com a objetividade e a precisão dos temas abordados (MESSEDER NETO, 2019).

### 2.1.3 MEIOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A dinâmica propagativa do conteúdo científico pode ser concebida em diferentes meios como programas de rádio e TV, eventos públicos, museus, revistas, jornais, dentre outros. A divulgação científica compreende a “[...] utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo” (BUENO, 2009, citado por BUENO, 2010). No entanto, é essencial reconhecer que existem outras formas igualmente eficazes de transmitir conhecimento científico ao público em geral.

Na prática, a divulgação científica não está restrita aos meios de comunicação de massa. Evidentemente, a expressão inclui não só os jornais, revistas, rádio, TV [televisão] ou mesmo o jornalismo on-line, mas também os livros didáticos, as palestras de ciências [...] abertas ao público leigo, o uso de histórias em quadrinhos ou de folhetos para veiculação de informações científicas (encontráveis com facilidade na área da saúde / Medicina), determinadas campanhas publicitárias ou de educação, espetáculos de teatro com a temática de ciência e tecnologia (relatando a vida de cientistas ilustres) e mesmo a literatura de cordel, amplamente difundida no Nordeste brasileiro (BUENO, 2009, citado por BUENO, 2010).

Além dos meios tradicionais, recursos multimídia como podcasts, vídeos explicativos, mídias sociais e infográficos interativos são meios poderosos de divulgação científica, permitindo uma abordagem mais envolvente e acessível para diferentes públicos. Com o poder da internet, essas formas de comunicação podem alcançar audiências mais amplas e diversificadas.

A internet se consolidou como um pilar fundamental para a divulgação, marcando uma significativa transformação nos processos de produção, distribuição e consumo de informações. Essa proliferação de plataformas online tem redefinido drasticamente a dinâmica e a velocidade com que as notícias são geradas e disseminadas. Nesse contexto em constante evolução, a divulgação científica adota novos formatos, incluindo o hipertexto digital, reconhecendo o vasto potencial da web para citar e referenciar múltiplas fontes de informação. Essas características desempenham um papel crucial na validação e fortalecimento de uma cultura científica nacional (PORTO, 2009).

Com o avanço das redes sociais, a divulgação científica tem encontrado novas oportunidades e um cenário diversificado para a disseminação do conhecimento científico. A multiplicidade de plataformas online permite que pessoas de diferentes idades e regiões geográficas tenham acesso a conteúdos educativos e informativos. A integração das redes sociais nesse contexto representa um importante avanço, facilitando a interação entre cientistas e o público, além de promover discussões e compartilhamento de informações em tempo real. Essa tendência reflete uma crescente democratização do conhecimento científico, onde as fronteiras entre especialistas e não especialistas se tornam mais permeáveis.

Os canais de ciência do YouTube representam uma forma inovadora e interdisciplinar de divulgação científica, trazendo temas das Ciências da Natureza de maneira dinâmica, divertida e acessível. Este fenômeno, geralmente liderado por pesquisadores em início de carreira e estudantes de graduação e pós-graduação, oferece uma oportunidade única de compartilhar conhecimento científico de forma ampla e cativante (ARANHA et al., 2019).

Embora mais recente, o surgimento do TikTok marca uma nova era na divulgação científica, assemelhando-se ao YouTube na proliferação de iniciativas independentes bem-sucedidas na plataforma. Tal cenário resulta na coexistência contemporânea de ambas as plataformas como espaços potenciais para a divulgação científica independente (BARBOSA, 2023).

Aproveitando essa pluralidade de veículos para a transmissão do conhecimento científico, o conteúdo pode, e muitas vezes deve, ser desenvolvido de forma a transcender uma

única mídia, adotando uma abordagem transmídia. Isso implica que as diferentes plataformas de comunicação oferecerão distintos conteúdos de forma a complementarem-se entre si.

Ilustrando uma abordagem transmídia na esfera da divulgação de conteúdos de ciência e tecnologia nucleares, no exemplo de uma campanha voltada para a conscientização pública sobre a energia nuclear, poderia contemplar vídeos elucidativos veiculados no YouTube. Concomitantemente, infográficos detalhados poderiam ser disseminados nas redes sociais, ressaltando os benefícios e desafios inerentes à energia nuclear. E ainda, também de forma paralela, um podcast informativo exploraria questões mais intrincadas relacionadas à engenharia nuclear, como o processo de fissão nuclear e a gestão de resíduos radioativos.

A abordagem transmídia proporciona oportunidades valiosas para a comunicação da ciência, permitindo a criação de estratégias dinâmicas e a exploração de diversos tipos de conteúdo, mídias e plataformas. Isso possibilita uma melhor adaptação do conteúdo científico, promovendo o engajamento e despertando o interesse público de maneira mais eficaz (ORTEGA, 2022).

Essa estratégia não apenas diversifica a maneira como a informação é apresentada, mas também enriquece a experiência do usuário ao proporcionar uma variedade de perspectivas e formatos. A estratégia transmídia estende significativamente a amplitude da mensagem, alcançando públicos em diferentes plataformas de mídia. Ao adaptar e otimizar o conteúdo científico para diferentes meios, sua disseminação é maximizada, garantindo seu impacto e relevância em um cenário digital em constante evolução.

#### 2.1.4 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A ÁREA NUCLEAR

Segundo Takahashi, Taveira e Correa (2021), é de suma importância promover a divulgação das tecnologias nucleares entre o público leigo, pois isso não só aprimora o entendimento da sociedade em relação às aplicações da radiação, mas também auxilia na redução do pânico associado a elas. Além disso, essa divulgação amplia a compreensão dos riscos e benefícios envolvidos, culminando no aumento do apoio às pesquisas realizadas na área nuclear.

O setor nuclear abrange uma série de aplicações que têm um impacto significativo na sociedade, desde a produção de energia até a medicina. Portanto, é imperativo que os cidadãos possuam conhecimentos básicos sobre ciência e tecnologia nucleares para participarem

ativamente do debate público, compreenderem as questões relacionadas e tomarem decisões bem fundamentadas. Além disso, a interação entre a sociedade e a área nuclear por meio da divulgação científica é um caminho que favorece a compreensão, a valorização e o avanço dessa importante área do conhecimento.

Eventos como as bombas nucleares em Hiroshima e Nagasaki (1945), o acidente radiológico em Goiânia (1987) e os desastres nucleares em Chernobyl (1986) e Fukushima (2011), entre outros, contribuíram para uma percepção negativa da área (TAKAHASHI, TAVEIRA, CORREA, 2021). Além disso, Carvalho e Machado (2019) evidenciam a presença predominantemente negativa da energia nuclear na cultura pop ao longo do tempo e seu impacto na percepção majoritariamente negativa do público em relação a esse método de produção de energia.

Além da imagem distorcida, podemos notar que a necessidade de divulgação de informações científicas da área nuclear deriva da crescente importância que esse campo de estudo tem assumido no cenário global. Compreender os princípios de ciência e tecnologia nucleares e suas aplicações é vital, tanto para a sociedade em geral quanto para os formuladores de políticas e tomadores de decisão. Desta forma, através de estratégias de comunicação acessíveis, a divulgação científica tem o potencial de desmistificar conceitos e esclarecer equívocos dissipando mitos e temores infundados que muitas vezes cercam a ciência e a tecnologia nuclear e suas aplicações, permitindo que o público não especializado compreenda e aprecie os avanços e desafios desta área.

O Programa de Aceitação Pública (APUB) da Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN) teve sua origem no início dos anos 1990 como resposta aos grupos de pressão antinucleares que representavam uma ameaça à construção de Angra 2. Este programa é reconhecido como um dos marcos mais significativos da associação ao longo de sua história. Como resultado dessa iniciativa, a ABEN estabeleceu diversos canais de comunicação com seus associados e o público em geral, incluindo a Revista Brasil Nuclear, seu site oficial e presença em várias redes sociais, como Facebook, X (antigo Twitter), Instagram, LinkedIn e YouTube. Estes meios são dedicados à divulgação de informações sobre as aplicações pacíficas da energia nuclear em diversos aspectos da vida humana, abrangendo desde a geração de energia elétrica até aplicações na medicina, agricultura, meio ambiente, indústria, preservação do patrimônio cultural e propulsão naval e espacial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCEAR, 2022).

Dentre as iniciativas, vale destacar os “Embaixadores Nucleares”, um projeto de alcance nacional, que consiste em uma competição na qual indivíduos ou equipes, compostas por até

três pessoas, são convidados a apresentar projetos voltados para divulgar, ensinar e dialogar com diversos públicos sobre os benefícios da tecnologia nuclear (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2022). É notável que, apesar da existência de fontes robustas e amplamente reconhecidas de divulgação científica, há uma lacuna significativa quando se trata de conteúdo e informações nucleares. Portanto, essa proposta é altamente relevante, pois incentiva a criação de diversas fontes de divulgação científica, centradas na área nuclear, por meio das equipes participantes.

Aproveitando essa demanda – e outras – de fontes de divulgação científica, e entendendo o caráter complexo e altamente técnico dessa área do conhecimento, é preciso destacar que se torna interessante o desenvolvimento de ferramentas que possam orientar essas divulgações. Nesse sentido, é fundamental que a abordagem comunicativa adotada transcenda a mera transmissão de informações técnicas, englobando uma ampla gama de estratégias que visem não apenas informar, mas também educar o público sobre os benefícios concretos das pesquisas nucleares.

## 2.2 CRITÉRIOS NORTEADORES DE UMA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Com o objetivo de alcançar uma divulgação científica ainda mais efetiva, torna-se imprescindível explorar estratégias inovadoras que despertem o interesse e a curiosidade do público em geral. Nesse sentido, é essencial desenvolver a capacidade de avaliar e analisar a divulgação científica, a fim de identificar oportunidades de aprimoramento e aprofundamento dos instrumentos de transmissão do conhecimento. Esse processo crítico permite estabelecer passos concretos para a melhoria contínua da disseminação do conhecimento científico.

O cenário acadêmico revela uma notável lacuna na literatura referente a ferramentas de avaliação das divulgações científicas e tecnológicas, sobretudo do campo nuclear. Essa lacuna destaca a necessidade urgente de estabelecer um novo conjunto de diretrizes que supere a falta de abordagens metodológicas. A ausência de uma estrutura analítica sólida, capaz de modelar apropriadamente a comunicação pública de conteúdos científicos do setor nuclear, pode conduzir ao oposto do propósito inerente à divulgação científica, que consiste em facilitar a compreensão das informações disseminadas. Portanto, a elaboração de um conjunto de critérios para nortear a divulgação científica revela-se fundamental para o processo de criação de

conteúdos eficientes, orientando pesquisadores, comunicadores científicos e outros profissionais.

Estabelecer tais critérios implica um esforço intelectual e metodológico, exigindo a identificação de variáveis relevantes para um modelo avaliativo robusto. É crucial fundamentar esse esquema em uma teoria sólida para guiar futuras pesquisas e fornecer diretrizes claras. Desta forma, esta pesquisa visa desenvolver um conjunto de critérios norteadores da divulgação científica, com base em uma revisão da literatura.

A avaliação da divulgação científica em ciência e tecnologia nucleares é essencial para garantir a transmissão confiável, acessível e relevante do conhecimento científico ao público em geral. É por meio dessa avaliação que se torna possível identificar as melhores estratégias de comunicação, garantindo que o público seja adequadamente informado e possa compreender os avanços científicos do setor nuclear.

A divulgação científica, enquanto veículo de comunicação entre a comunidade científica e o público em geral, assume diferentes formas, cada uma delas com suas próprias características e abordagens. Modelos, apontados por Lewenstein (2003), por sua vez, podem ser entendidos como representações paradigmáticas do processo comunicativo, refletindo a dinâmica entre os emissores de conhecimento e seu público-alvo. Lewenstein (2003), evidencia quatro modelos, considerados por ele os principais modelos de comunicação pública da Ciência e Tecnologia: modelo de déficit, modelo contextual; modelo de experiência leiga e modelo de participação pública.

O Modelo de Déficit, o primeiro a ser abordado, se caracteriza por uma via unidirecional de informação. Nele, cientistas e comunicadores científicos são concebidos como detentores de conhecimento e expertise, enquanto o público é relegado a uma posição passiva e homogênea. Este paradigma, embora eficaz em transmitir informações, tende a subestimar a riqueza de experiências e saberes presentes na audiência.

O Modelo Contextual, por sua vez, mantém uma dinâmica predominantemente unidirecional, porém diferencia-se ao levar em consideração o conhecimento prévio e o contexto sociocultural, econômico e político do público-alvo. Sob esta perspectiva, o comunicador científico é instado a compreender a audiência de forma mais abrangente, personalizando a abordagem e criando pontos de conexão mais significativos.

O Modelo de Expertise Leiga marca um avanço significativo na interação entre emissor e receptor de conhecimento. Este paradigma adota uma abordagem dialógica, reconhecendo a importância dos saberes locais e populares em paridade com o conhecimento científico. Aqui,

o público não é mais relegado a uma posição passiva, mas é elevado ao status de especialista em sua própria experiência e contexto.

Finalmente, o Modelo de Engajamento Público (ou Participação Pública) emerge como o ápice da interatividade e colaboração na divulgação científica. Sua característica distintiva reside na busca pela democratização do conhecimento científico e tecnológico. Neste cenário, público, cientistas e comunicadores científicos se unem em espaços propícios para o diálogo, como conferências e fóruns, promovendo uma troca dinâmica de saberes e perspectivas.

Dito isto, é observável que a divulgação científica é abordada a partir de duas tendências distintas: a unidirecional, que pressupõe uma comunicação de sentido único, indo do cientista para a sociedade; e a bidirecional, que se caracteriza por diálogos no processo comunicativo, envolvendo a ativa participação do público. Todavia, Bastos (2015) afirma que a comunicação da ciência realizada por universidades e institutos de pesquisa no Brasil, em sua maioria, adere ao paradigma funcionalista caracterizado pela ênfase na eficácia informacional e na unidirecionalidade.

Devemos destacar que a divulgação científica é um processo vai além da simples transferência de informação de um emissor a um receptor por meio de um canal de comunicação (VALENTIM; ORRICO; SILVA, 2021). Para Burns, O'Connor e Stockmayer (2003), qualquer comunicação que envolva o público em geral é complexa e altamente contextual. Modelos simples e lineares e modelos de difusão não representam adequadamente o processo de comunicação. Abordagens contemporâneas mais sofisticadas reconhecem de maneira integral a importância do contexto e do diálogo social nesse processo de comunicação.

Segundo Bastos (2015), é essencial aperfeiçoar a comunicação, o relacionamento e a interação entre cientistas e o público no Brasil. É necessário pensar em novos modelos de comunicação da ciência, evitando abordagens que favoreçam a concepção de "déficit" na comunicação onde o público é visto apenas como um receptor passivo, bem como evitando limitar a comunicação apenas ao âmbito institucional. Nesse sentido, propõe-se um conjunto de critérios, a partir da literatura, que busque nortear a divulgação científica, atendendo esse intercâmbio social e contemplando o ideal de interação com o público.

No processo de comunicação científica para leigos, encontram-se os mesmos componentes inerentes ao processo de comunicação (CARIBÉ, 2011), uma vez que, quando falamos de divulgação, estamos falando do “envio de mensagens elaboradas mediante a transcodificação de linguagens, transformando-as em linguagens acessíveis, para a totalidade do universo receptor” (PASQUALI apud MASSARANI, 1998). Desta forma, para a construção



da estrutura, os critérios serão organizados em dimensões baseadas nos elementos da teoria da comunicação, a fim de orientar a divulgação científica em cada etapa do processo comunicativo.

No campo da comunicação, diversos modelos teóricos foram desenvolvidos ao longo do tempo com o objetivo de compreender e analisar os processos comunicativos. Entre esses modelos, destacam-se o Modelo de Lasswell, o Modelo de Jakobson e o Modelo de Shannon-Weaver, cada um apresentando abordagens e ênfases distintas (SANTEE; TEMER, 2011; SOUSA, 2006). No entanto, o propósito desta pesquisa não é adotar esses modelos como guias para os processos comunicativos, mas somente utilizar seus elementos como dimensões para organizar os critérios identificados na literatura. Os guias, de fato, serão esses critérios, que servirão como diretrizes para a divulgação científica.

Embora existam outros modelos de comunicação, optou-se por um modelo que apresentasse uma maior correspondência com os critérios identificados na literatura. Dessa forma, foi selecionado um modelo que compartilhasse elementos comuns na comunicação e, adicionalmente, incorporasse a dimensão "efeito", um aspecto fundamental para a divulgação científica, especialmente considerando-se o objetivo de melhorar a compreensão das tecnologias nucleares. Assim, o Modelo de Lasswell foi escolhido para essa finalidade.

Aristóteles, por meio de sua análise seminal, estabeleceu os pilares da comunicação humana, personificados na tríade do discurso: o orador, o discurso e o ouvinte (SÁ, 1974). Esta tríade de elementos é essencial para entendermos o processo comunicativo. No entanto, Sá (1974) aponta que foi o cientista político Harold D. Lasswell quem apresentou o modelo de comunicação amplamente reconhecido na geração da autora. Publicado em 1948, o modelo de Lasswell ousou resumir o ato comunicativo em apenas cinco questões básicas: "Quem?", "Diz o quê?", "Em que canal?", "Para quem?" e "Com que efeito?" (BAPTISTA, 2017; CARVALHO, 2012; SANTEE; TEMER, 2011; SOUSA, 2006; WOLF, 1985).

É pertinente observar que, apesar de o modelo de Lasswell adotar uma estrutura linear, a segmentação dos critérios nesses elementos não tem como objetivo impor uma abordagem unidirecional à comunicação. Como foi dito antes, o propósito é somente agrupar os critérios relacionados a esses elementos para melhor compreender e aprimorar cada aspecto da comunicação. Além disso, é válido ressaltar que os critérios propostos em torno das dimensões atuam para atenuar a linearidade da comunicação. Reconhece-se amplamente a importância de uma abordagem dialógica na comunicação, onde há um diálogo genuíno e bidirecional entre os participantes.

Devemos destacar que em um determinado momento de uma interação comunicativa, um interlocutor pode assumir o papel de emissor, enquanto outro assume o papel de receptor,

o que torna importante compreender os atributos de cada interlocutor em relação aos papéis de emissor e receptor.

Com base nos autores supracitados, o Quadro 2, apresenta uma análise mais detalhada dos elementos em relação às questões abordadas, assim como a construção das dimensões a partir desses elementos. Na Figura 2, as dimensões serão visualmente representadas de forma gráfica.

<b>Questões</b>	<b>Elementos</b>	<b>Dimensões</b>
Quem?	O remetente ou fonte da comunicação.	Emissor
Diz o quê?	A mensagem que está sendo comunicada.	Mensagem
Em que canal?	O meio ou canal utilizado para a comunicação.	Canal
Para quem?	O público-alvo da mensagem.	Receptor
Com que efeito?	O impacto da comunicação no público.	Efeito

Quadro 2: Dimensões utilizadas a partir do modelo de Lasswell.

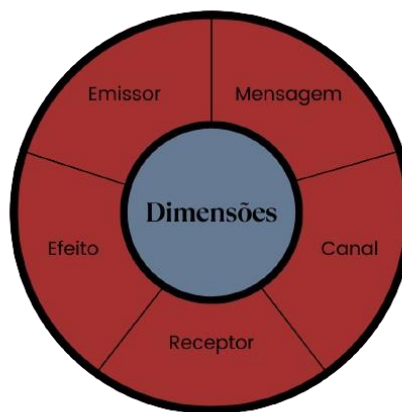


Figura 2: Dimensões da estrutura. (Fonte: O autor, 2024).

a) Emissor:

No contexto da divulgação científica, e dentro dos parâmetros desta pesquisa, o emissor é identificado como o agente responsável por comunicar conteúdos científicos, podendo ser um pesquisador, jornalista científico ou até uma instituição. Desta forma, critérios que estão contidos nesta dimensão, visam nortear a divulgação científica quanto à pessoa ou entidade que

origina a mensagem. Os critérios agrupados nesta dimensão foram fundamentados em percepções a partir dos estudos de Bueno (1985), Vieira (2004), Bueno (2010), Pattanaphanchai, O'hara e Hall (2013), Bastos (2015), Mendonça e Neto (2015), Gomes, Silva e Machado (2016), Reale e Martyniuk (2016) e Dutra e Barbosa (2017), e são apresentados no Quadro 3.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
1.1. Autoridade.	Reconhecimento da competência e conhecimento de uma fonte em uma área específica.
1.2. Credibilidade.	Confiança do público no divulgador científico.
1.3. Didática nos comentários.	Habilidade de fornecer respostas compreensíveis aos questionamentos do público.
1.4. Imparcialidade.	Neutralidade ao apresentar informações científicas.
1.5. Interação.	Disposição do emissor em se envolver em diálogo e interação com o público.
1.6. Tempo de resposta.	Capacidade de responder rapidamente às dúvidas e comentários do público.

Quadro 3: Critérios relacionados a dimensão Emissor.

b) Mensagem:

Na divulgação científica, a mensagem compreende as descobertas, teorias ou informações científicas a serem compartilhadas. Critérios associados a esta dimensão visam nortear o conteúdo comunicado pelo emissor. De acordo com a literatura, é fundamental que a mensagem seja precisa, clara e adaptada ao público-alvo para garantir a compreensão eficaz e a retenção da informação. A formulação desses, e outros critérios, foi fundamentada nos estudos de Bueno (1985), Burns, O'Connor e Stocklmayer (2003), Mattozo, Camargo e Lage (2004), Joubert (2004), Vieira (2004), Wrobel (2004), Ribeiro e Kawamura (2005), Bueno (2010), Pattanaphanchai, O'hara e Hall (2013), Mendonça e Neto (2015), Gomes, Silva e Machado (2016), Dutra e Barbosa (2017), Bergamaschi, Amaral e Alencar (2021), Souza e Silva (2021) e Araújo, Silva e Gomes (2022), e são apresentados no Quadro 4.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
2.1. Autoria.	Fácil identificação do autor ao longo do conteúdo.
2.2. Bibliografia disponível.	Presença de referências bibliográficas confiáveis na mensagem.
2.3. Comunicabilidade.	Evitar o uso de jargões técnicos e adotando uma linguagem acessível.
2.4. Objetividade.	Apresentação direta e sem rodeios das informações ao público-alvo.
2.5. Precisão e coerência.	Exatidão e consistência da mensagem.
2.6. Sequência lógica.	Conteúdo organizado de maneira lógica.
2.7. Uso adequado da língua.	Conteúdo elaborado sem erros relacionados à língua portuguesa.
2.8. Uso de analogias nas explicações.	Presença de analogias para facilitar a compreensão da informação.

Quadro 4: Critérios relacionados a dimensão Mensagem.

c) Canal:

O canal refere-se ao meio ou à forma pela qual a mensagem é transmitida do emissor para o receptor. Isso pode incluir publicações em revistas, palestras, mídia social, entre outros. A escolha do canal influencia a acessibilidade e a compreensão da informação pelo público, exigindo considerações sobre a adequação do meio ao conteúdo. Como a divulgação científica avaliada será em mídias sociais, os critérios nesta dimensão visam nortear a adequação do canal na entrega de conteúdos científicos ao público-alvo. A formulação desses critérios é embasada nos estudos de Mattozo, Camargo e Lage (2004), Ribeiro e Kawamura (2005), Bueno (2010), Mendonça e Neto (2015), Reale e Martyniuk (2016), Dutra e Barbosa (2017), Bergamaschi, Amaral e Alencar (2021) e Araújo, Silva e Gomes (2022), e explicitados no Quadro 5.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
3.1. Acessibilidade.	Acessível e inclusivo a qualquer público.
3.2. Avaliação.	O canal empregado permite a coleta de feedback.
3.3. Design.	Os materiais desenvolvidos são visualmente agradáveis
3.4. Interatividade.	O canal oferece ferramentas interativas.
3.5. Simplicidade.	Facilidade de navegação.
3.6. Transmídiaalidade.	O conteúdo pode ser postado em mais de um tipo de mídia.

Quadro 5: Critérios relacionados a dimensão Canal.

## d) Receptor:

O receptor é o destinatário da mensagem científica, o público-alvo. Nesse sentido, os critérios nesta dimensão têm como propósito nortear a divulgação científica em relação à audiência. A fundamentação desses critérios é derivada das investigações de Wrobel (2004), Ribeiro e Kawamura (2005), Bueno (2010), Mendonça e Neto (2015), Gomes, Silva e Machado (2016), Reale e Martyniuk (2016), Dutra e Barbosa (2017), Bergamaschi, Amaral e Alencar (2021), Souza e Silva (2021) e Araújo, Silva e Gomes (2022), e são indicados no Quadro 6.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
4.1. Alcance.	Capacidade do conteúdo divulgado atingir uma quantidade significativa de pessoas.
4.2. Nível de conhecimento prévio.	Atenção da fonte em reconhecer o conhecimento prévio do público.
4.3. Relevância.	Os conteúdos são relevantes para o público-alvo, esclarecendo fenômenos do seu cotidiano.

Quadro 6: Critérios relacionados a dimensão Receptor.

## e) Efeito:

O modelo de Lasswell oferece uma estrutura que explicitamente incorpora a consideração dos resultados desejados da comunicação. Em outras palavras, Lasswell destaca a importância de analisar os efeitos da comunicação, implicando examinar como a mensagem afeta o receptor e a sociedade em geral. No contexto da divulgação científica, o efeito do conteúdo representa o impacto percebido ou mensurável nos receptores. Critérios nessa dimensão buscam avaliar as mudanças que a comunicação promoveu em seu público-alvo. O efeito, neste contexto, desempenha um papel significativo como um indicador determinante do alcance dos objetivos estabelecidos na divulgação científica. A concepção desses critérios é respaldada pelas pesquisas de Bueno (1985), Burns, O'Connor e Stocklmayer (2003), Joubert (2004), Vieira (2004), Ribeiro e Kawamura (2005), Bueno (2010), Bastos (2015), Gomes, Silva e Machado (2016), Reale e Martyniuk (2016), Dutra e Barbosa (2017), Bergamaschi, Amaral e Alencar (2021), Souza e Silva (2021) e Araújo, Silva e Gomes (2022), e são apresentados no Quadro 7.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
5.1. Atualizado e informativo.	Tem o efeito de deixar o público informado.
5.2. Compreensão pública.	Explica os princípios científicos.
5.3. Desmistificação do cientificismo.	Capacidade em desmistificar o cientificismo.
5.4. Impressão positiva.	Deixa uma percepção positiva em relação aos temas científicos.
5.5. Engajamento.	Desperta o interesse e o engajamento do público.
5.6. Abordagem realista.	Abordagem realista ao lidar com temas científicos nos quais os resultados estão distantes.
5.7. Indução ao feedback.	Incentivo de feedback do público.

Quadro 7: Critérios relacionados a dimensão Efeito.

## 2.3 LÓGICA *FUZZY*

### 2.3.1 CONCEITOS INICIAIS

A lógica é amplamente reconhecida como uma ferramenta fundamental em diversas áreas do conhecimento. Sua aplicação possibilita a construção de argumentos sólidos, a detecção de contradições, a organização coerente de informações e a resolução de problemas complexos. De acordo com Copi (1978), a lógica é apresentada não como uma ciência das leis do pensamento (que é uma área da psicologia), mas como a ciência do raciocínio, focando na correção das inferências a partir de premissas. O lógico se interessa pela validade do raciocínio final, independentemente dos processos mentais envolvidos. Para Mortari (2001), a lógica estuda os princípios e métodos de inferência, com o objetivo de determinar em que condições certas proposições se seguem (são consequência) de outras, ou não. Além disso, o autor afirma que a lógica vai além da simples análise de argumentos. Seu foco principal é a relação de consequência entre um conjunto de proposições e outra proposição. Essas proposições podem ser expressas em linguagens naturais, como o português, ou em linguagens artificiais, como a matemática.

A lógica, enquanto área de estudo, pode ser dividida em diferentes ramos, cada um com suas características distintas. A lógica clássica, por exemplo, é um sistema formal de lógica

que, como afirmado por Bertolini, Cunha e Fortes (2017), se fundamentada em alguns paradigmas essenciais, compartilhando princípios cruciais como bivalência ou terceiro excluído, não-contradição e identidade. O princípio da bivalência ou terceiro excluído sustenta que uma proposição possui apenas dois valores possíveis: ela é possível ou impossível, certa ou errada, verdadeira ou falsa. O princípio da não-contradição assegura que uma proposição não pode assumir simultaneamente dois valores distintos. Ela é, portanto, ou possível ou impossível, certa ou errada, verdadeira ou falsa. Por sua vez, o princípio da identidade postula que toda proposição é idêntica a si mesma, sem ambiguidades. Os autores ainda afirmam que lógicas que desviam desses paradigmas são consideradas não clássicas (que é o caso da lógica *fuzzy*). No entanto, nem toda lógica não clássica necessariamente quebra esses princípios. Muitas vezes, a lógica não clássica também estende a clássica

A lógica *fuzzy*, introduzida pelo Dr. Lofti Zadeh da Universidade da Califórnia (Berkeley) em 1965 (ZADEH, 1965), também conhecida como lógica difusa (ou nebulosa), é um ramo da lógica que lida com a incerteza e a imprecisão presentes em muitos aspectos do mundo real. Diferentemente da lógica clássica, que trabalha a partir de uma dicotomia - com valores verdadeiros ou falsos, a lógica *fuzzy* permite a representação e o raciocínio em termos de graus de pertinência ou probabilidade. Na lógica *fuzzy*, o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto *fuzzy* de qualquer conjunto parcialmente ordenado, diferentemente dos sistemas lógicos binários, nos quais o valor verdade está restrito a assumir apenas dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0) (GOMIDE et al, 1995). Ou seja, ela é uma forma de lógica multivalorada onde o valor verdade de uma variável pode ser qualquer número real no intervalo de 0 a 1 – o que rejeita a lei do terceiro excluído.

Grecco (2012), segundo a sua perspectiva, elucida que a linguagem natural, em sua maioria, incorpora uma considerável ambiguidade e uma diversidade significativa de sentidos. Especificamente, ao empregar adjetivos para descrever situações, frequentemente nos deparamos com a limitação de clareza, uma vez que esses termos revelam ambiguidades em sua amplitude de significados. Os seres humanos raciocinam de maneira inteligente, criativa, incerta, imprecisa, difusa ou nebulosa, ao passo que máquinas e computadores operam sob uma lógica precisa e binária. Essa forma de raciocínio humano, conhecida em inglês como "*fuzzy*".

Além disso, o autor supracitado reforça que o surgimento da teoria *fuzzy* foi impulsionado pela necessidade de um método capaz de sistematicamente expressar quantidades imprecisas, vagas e mal definidas. Da mesma forma ocorre com as avaliações subjetivas de uma divulgação científica, as quais estão intrinsecamente dependentes do raciocínio incerto e

impreciso dos avaliadores, evidenciando, assim, a complexidade inerente à análise desse cenário.

De acordo com Chamovitz e Cosenza (2010), a aplicação da lógica *fuzzy* em sistemas complexos é recomendada sempre que se busca uma aproximação do modelo construído à realidade. Isto é fundamentado no princípio de incompatibilidade estabelecido por Zadeh (1973), que postula que à medida que a complexidade de um sistema aumenta, nossa capacidade de fazer afirmações precisas e significativas sobre esse sistema diminui. Isso perdura até que se atinja um limiar no qual precisão e significância (ou relevância) tornam-se quase mutuamente exclusivas.

A lógica *fuzzy* depende um apoio matemático robusto, que é fornecido pela teoria dos conjuntos *fuzzy*. A teoria oferece as ferramentas necessárias para a generalização dos conjuntos clássicos e permite a inclusão de elementos com graus variados de pertencimento. Concebida por Zadeh (1965), a teoria dos conjuntos *fuzzy* propõe uma abordagem matemática para lidar com informações imprecisas e vagas. Baseada nessa teoria, utiliza-se operadores semelhantes à lógica clássica, mas com a diferença de ser multivalorada. Enquanto a lógica booleana adota uma visão em que um elemento pertence 100% a um conjunto ou uma proposição é somente verdadeira ou falsa, a lógica *fuzzy* permite afirmativas parcialmente verdadeiras ou falsas.

### 2.3.2 CONJUNTOS FUZZY

Na teoria clássica de conjuntos, a pertinência de um elemento a um conjunto se relaciona à condição de o elemento fazer parte ou não desse conjunto. Dado um conjunto  $A$  em um universo  $X$ , os elementos desse universo pertencem ou não àquele conjunto e isto é definido por sua função característica,  $\gamma_A$ :

$$\gamma_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \in A \\ 0 & \text{para } x \notin A \end{cases}$$

Tomando como exemplo a representação da escala de temperatura de um ambiente através de uma abordagem booleana, como ilustrado na Figura 3, podemos observar que, caso



a temperatura  $T$  seja igual a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a temperatura do ambiente seja inferior a  $T$ , ela não será considerada como pertencente ao conjunto "QUENTE". Mesmo que a temperatura esteja ligeiramente abaixo, como  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a lógica booleana nos proporciona uma visão de conjunto "Crisp". No entanto, é importante notar que a temperatura de  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  está muito próxima do conjunto "QUENTE", com apenas uma unidade a separando deste conjunto.

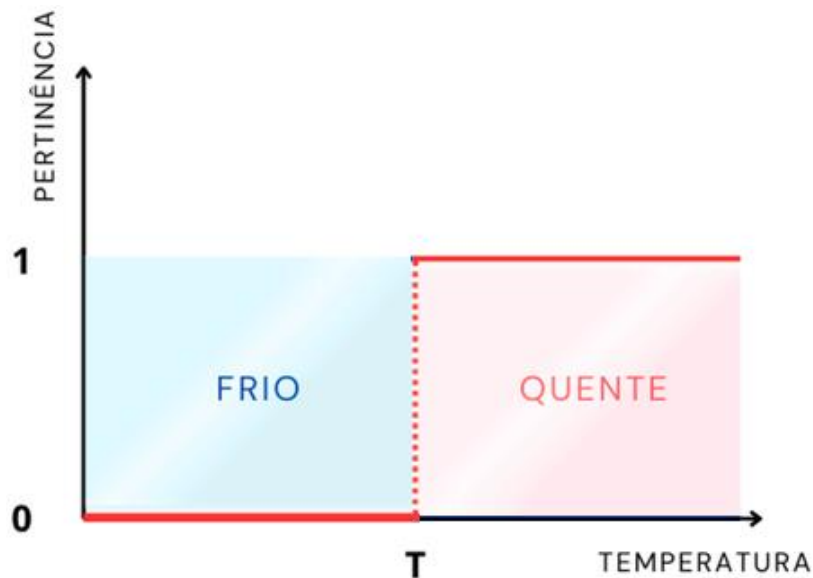


Figura 3: Exemplo em lógica booleana (adaptado de SILVA, 2008).

Considerando o exemplo anteriormente mencionado e aplicando uma abordagem *fuzzy* para a configuração dos conjuntos "QUENTE" e "FRIO", conseguimos suavizar a transição entre eles, já que o grau de pertinência pode variar de 0 a 1. Na Figura 4, é possível notar que, dependendo da temperatura, o ambiente pode ser categorizado como "QUENTE", "FRIO" ou ambos, com diferentes níveis de pertinência. Por exemplo, um ambiente com temperatura  $T$  pode ser classificado como "FRIO" com um baixo grau de pertinência ( $\mu = 0,15$ ) e como "QUENTE" com um alto grau de pertinência ( $\mu = 0,85$ ).

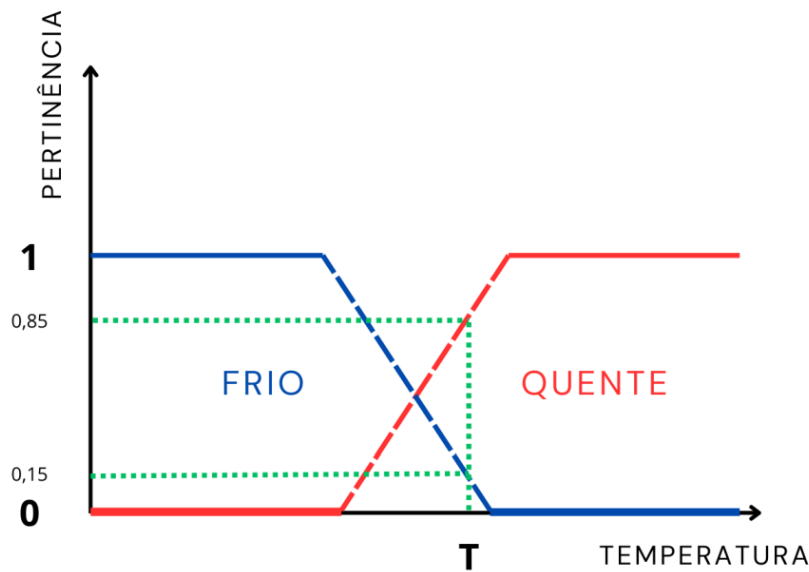


Figura 4: Exemplo em lógica *fuzzy* (adaptado de SILVA, 2008).

Na teoria dos conjuntos *fuzzy*, cada elemento possui um grau de pertinência a um conjunto específico. Não há uma fronteira claramente definida para determinar se um elemento pertence ou não ao conjunto correspondente (GRECCO, 2012).

Uma outra maneira de ilustrar é considerar um exemplo simples. Suponha que queiramos representar um conjunto *fuzzy* "alto" para a altura de uma pessoa. Nesse caso, a função de pertinência atribuirá valores de pertinência aos diferentes valores de altura. Por exemplo, uma pessoa com 1,70 metro pode ter uma pertinência de 0,6 para o conjunto "alto", enquanto uma pessoa com 1,90 metro pode ter uma pertinência de 0,9. Isso permite que a definição de "alto" seja mais flexível e adaptável a diferentes contextos.

Para entender como a lógica *fuzzy* representa conceitos imprecisos, é útil visualizar como os conjuntos *fuzzy* são definidos e utilizados. A ideia central é atribuir diferentes graus de pertinência. Isso é feito através de uma função de pertinência que quantifica o grau em que um valor se encaixa no conjunto definido. Assim, a função de pertinência oferece uma maneira mais sofisticada de capturar a realidade e a variabilidade dos conceitos que não são facilmente categorizáveis

Um conjunto *fuzzy* pode ser expresso por meio de um conjunto de pares ordenados, onde o primeiro elemento é  $x \in X$ , e o segundo,  $\mu_A(x)$ , indica o grau de pertinência ou função de pertinência de  $x$  em  $A$ . Essa função mapeia  $X$  para o espaço de pertinência  $M$ . Se  $M$  contiver apenas os pontos 0 e 1, então  $A$  é considerado não *fuzzy* (ZIMMERMANN, 1996). Podemos descrevê-lo como:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

A função característica pode ser generalizada de forma que os valores atribuídos aos elementos do conjunto universo  $X$  estejam no intervalo de números reais de 0 a 1, ou seja,  $[0,1]$ :

$$\mu_A(x): X \mapsto [0,1]$$

Esses valores representam o grau de pertinência dos elementos do conjunto  $X$  ao conjunto  $A$ , isto é, indicam em que medida um elemento  $x$  de  $X$  pode pertencer ao conjunto  $A$ . Essa função é denominada função de pertinência, e o conjunto  $A$  é caracterizado como conjunto *fuzzy*. A função de pertinência é o elemento fundamental de um conjunto *fuzzy*, servindo como base para a definição de muitas operações relacionadas (ZADEH, 1965).

Em continuidade aos conceitos e propriedades da teoria dos conjuntos *fuzzy*, destacam-se outros aspectos que também fundamentam o método utilizado nesta dissertação. Essas ideias se baseiam nas contribuições de Zadeh (1965), Kosko (1992), Zimmermann (1996), Tanaka (1997), Ross (2004) e Grecco (2012):

a) Suporte:

O suporte de um conjunto *fuzzy*  $A$  no universo  $X$  é o conjunto clássico que inclui todos os elementos de  $X$  que têm graus de pertinência diferentes de zero em  $A$ . O suporte de  $A$  em  $X$ , representado por  $\text{supp}(A)$  ou  $S(A)$  é:

$$\text{supp}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\}$$

b) Supremo:

O supremo de um conjunto *fuzzy*  $A$ , indicado por  $\sup_{x \in X} \mu_A(x)$ , é o maior grau de pertinência alcançado nesse conjunto por um dos elementos, ou seja, sua altura,  $h(A)$ . O

contradomínio de uma função de pertinência é um subconjunto de números reais não negativos, cujo supremo é finito. Dessa maneira, temos:

$$\sup_{x \in X} \mu_A(x) = h(A) \quad (2.1)$$

c) Normalização:

É importante trabalhar com conjuntos *fuzzy* normalizados, ou seja, que apresentem altura unitária. Isso nos permite lidar com grandezas homogêneas nos procedimentos de inferência nebulosa. Os conjuntos *fuzzy* empregados nesta dissertação para construção dos critérios foram normalizados.

Um conjunto *fuzzy*  $A$  é chamado normal se existe  $x$  tal que  $\mu_A(x) = 1$ , ou seja, quando  $\sup_{x \in X} \mu_A(x) = 1$ . Se o conjunto *fuzzy*  $A$  não é normal, então ele é chamado de subnormal, ou seja,  $\sup_{x \in X} \mu_A(x) < 1$ . A normalização de um conjunto *fuzzy*  $A$ , não vazio, é realizada por:

$$\mu_{A \text{ normal}}(x) = \frac{\mu_A(x)}{\sup_{x \in X} \mu_A(x)} \quad (2.2)$$

d) Conjunto de corte- $\alpha$

Dado um conjunto *fuzzy*  $A$ , definido em  $X$ , a partir do grau de pertinência  $\alpha \in [0, 1]$ , o conjunto de corte- $\alpha$  ( $\alpha$ -cut) é o conjunto clássico  $A_\alpha$ , contendo todos os elementos de  $X$ , que possuem graus de pertinência em  $A$ , maiores ou iguais do que o valor de  $\alpha$ . Desta forma, temos:

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

O conjunto de corte  $\alpha$  robusto (strong  $\alpha$ -cut),  $A_{\alpha+}$ , inclui apenas os elementos com graus de pertinência maiores que  $\alpha$ . Então, temos:

$$A_{\alpha+} = \{x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha\}$$

Como previamente delineado, a teoria dos conjuntos *fuzzy* é uma extensão da teoria dos conjuntos clássicos. Dessa forma, as principais operações entre conjuntos *fuzzy* são definidas como extensões das operações tradicionais, em que  $A$  e  $B$  denotam conjuntos *fuzzy* sobre um universo  $X$ , e  $\mu_A(x)$  e  $\mu_B(x)$  representam os graus de pertinência de  $x$  nos conjuntos *fuzzy*  $A$  e  $B$ , respectivamente.

Na lógica tradicional, as operações com conjuntos, como interseção, união e complemento, estão diretamente associadas às operações booleanas básicas: E (*AND*), OU (*OR*) e NÃO (*NOT*). Essas operações são fundamentais para a manipulação de conjuntos e proposições lógicas, onde os elementos pertencem claramente a um conjunto ou não, sendo os valores binários 0 ou 1. No entanto, na lógica *fuzzy*, a abordagem é mais flexível, pois lida com graus de pertinência que variam continuamente entre 0 e 1. Para realizar operações com conjuntos *fuzzy*, são utilizados operadores específicos que estendem os conceitos de interseção, união e complemento para trabalhar com esses valores intermediários.

Esses operadores *fuzzy* são classificados em duas categorias principais: as normas-t, também conhecidas como normas triangulares, e as conormas-t, ou normas-s. As normas-t são generalizações do operador de interseção (*AND*) na lógica *fuzzy*. Elas combinam os graus de pertinência de dois elementos para determinar o grau de pertinência do resultado da interseção. Por outro lado, as conormas-t são generalizações do operador de união (*OR*) na lógica *fuzzy*, combinando os graus de pertinência para determinar o resultado da união (ZIMMERMANN, 1996; ROSS, 2004).

Os operadores para interseção (norma-t) e a união (conorma-t) de conjuntos *fuzzy* são os mais utilizados:

- Interseção:  $A \cap B = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)]$ , que corresponde a  $A$  E  $B$ ;
- União:  $A \cup B = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$ , que corresponde a  $A$  OU  $B$ .

Em seguida, ilustradas na Figura 5, podemos analisar as operações de intersecção e união. Essas operações são as mais utilizadas no processo de agregação em tomadas de decisão multicriterial.

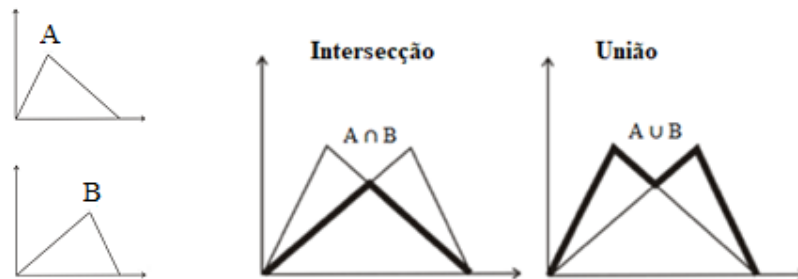


Figura 5: Operações entre conjuntos *fuzzy*: intersecção e união (adaptado de GRECCO, 2012).

A agregação de conjuntos *fuzzy* refere-se ao processo de combinar ou unir múltiplos conjuntos *fuzzy* em um único conjunto (ROSS, 2004). Pode-se entendê-la como uma forma de condensar várias entradas *fuzzy* em uma única saída, mantendo as características essenciais dos conjuntos *fuzzy* originais. Isso pode ser feito utilizando operadores de agregação, que podem variar dependendo da aplicação ou do contexto.

A principal ideia do processo de agregação reside em alcançar um nível de consenso entre as informações disponíveis por meio do cálculo de um valor final. Se estes dados forem extraídos de especialistas, obtém-se uma taxa de aceitação ou rejeição entre eles, o que representa o grau pelo qual especialistas concordam em suas estimativas. Isso viabiliza a elaboração de classificações das avaliações realizadas (KUNCHEVA e KRISHNAPURAM, 1996).

### 2.3.3 NÚMEROS FUZZY

Em muitos problemas práticos, os números são idealizações de informações imprecisas, especialmente ao lidar com valores aproximados. Por exemplo, ao medir a altura de uma pessoa, fatores como a precisão dos instrumentos e quem realiza a medição geram incerteza. O valor final escolhido para a estatura, um número real  $h$ , é uma aproximação. Seria mais adequado

afirmar que a estatura é aproximadamente  $h$ . Matematicamente, essa aproximação é representada por um subconjunto *fuzzy*  $A$ , onde a função de pertinência  $\phi_A$  tem como domínio o conjunto dos números reais, refletindo a natureza contínua dos possíveis valores de estatura. É esperado que  $\phi_A(h) = 1$ . A escolha dos números reais como domínio é porque, teoricamente, os possíveis valores para a estatura são números reais (BARROS e BASSANEZI, 2006).

Um número *fuzzy* é uma extensão dos números clássicos, utilizado na teoria dos conjuntos *fuzzy* para lidar com incertezas e valores vagos. Em vez de ter um único valor preciso, como um número clássico, um número *fuzzy* é representado por um intervalo de valores, cada um associado a um grau de pertinência entre 0 e 1. Esse grau de pertinência indica o quão fortemente cada valor pertence ao conjunto *fuzzy*.

Um exemplo típico é o número *fuzzy* "aproximadamente 5", onde valores próximos de 5 (como 4,9 ou 5,1) têm altos graus de pertinência, enquanto valores mais distantes têm graus menores, refletindo a incerteza sobre a exatidão do número.

Um número *fuzzy*  $B$  pode ser definido como um subconjunto especial dos números reais (JAIN, 1976; DUBOIS e PRADE, 1978 apud LIANG e WANG, 1991). Para entender melhor esse conceito, é essencial observar como a função de pertinência de um número *fuzzy* atribui graus de pertencimento a cada valor real, estabelecendo a relação entre esses valores e o conjunto *fuzzy*. De acordo com Liang e Wang (1991), sua função de pertinência  $\mu_B$  é um mapeamento contínuo de  $R$  para um intervalo fechado  $[0, 1]$ , apresentando as seguintes características:

- $\mu_B(x) = 0$ , para todo  $x \in (-\infty, \alpha] \cup [\delta, \infty)$ ;
- $\mu_B(x)$  é estritamente crescente em  $[\alpha, \beta]$  e estritamente decrescente em  $[\gamma, \delta]$ ;
- $\mu_B(x) = 1$ , para todo  $x \in [\beta, \gamma]$ .

Em certas circunstâncias, é possível que  $\alpha = -\infty$  ou  $\alpha = \beta$  ou  $\beta = \gamma$  ou  $\gamma = \delta$  ou  $\delta = +\infty$ . Segmentos de reta para  $\mu_B(x)$  são adotados nos intervalos  $[\alpha, \beta]$  e  $[\gamma, \delta]$ . Este tipo de número *fuzzy* é conhecido como trapezoidal (LIANG e WANG, 1991). Todavia, se fizermos  $\beta = \gamma$ , em vez de uma representação trapezoidal, obtemos uma representação triangular, de forma que o número *fuzzy* passa a chamar-se triangular. Números *fuzzy* triangulares têm função de pertinência linear contínua (GRECCO, 2012).

Com base nas contribuições de Liang e Wang (1991), Zimmermann (1996), Ross (2004), Barros e Bassanezi, (2006) e Grecco (2012), podemos definir os principais números *fuzzy* da seguinte forma:

- Número *fuzzy* trapezoidal:

Um número *fuzzy* trapezoidal  $A$  em  $R$  possui a seguinte função de pertinência:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{se } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{se } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A Figura 6 exibe a representação gráfica do número *fuzzy* trapezoidal. Observe que ele é definido por quatro valores:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ , onde  $a$  é o limite inferior,  $b$  e  $c$  são os limites da região de pertinência máxima (pertinência igual a 1), e  $d$  é o limite superior.

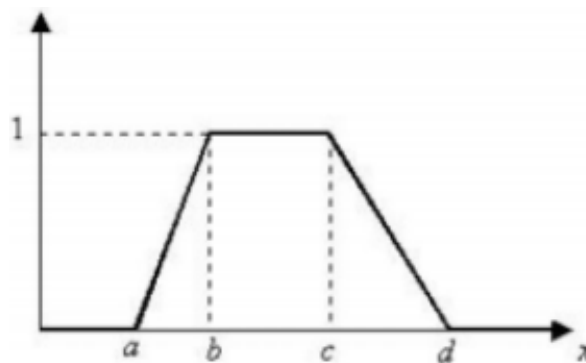


Figura 6: Representação gráfica do número *fuzzy* trapezoidal.

- Número *fuzzy* triangular:

Um número *fuzzy* triangular  $A$  em  $R$  possui a seguinte função de pertinência:



$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{se } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A Figura 7 exibe a representação gráfica do número *fuzzy* triangular. Podemos observar que, para o valor de  $x$  igual a  $b$ , o grau de pertinência é igual a 1, caracterizando o número *fuzzy* normalizado. Para os demais valores, o grau de pertinência varia de acordo com a reta do triângulo ao qual o valor pertence.

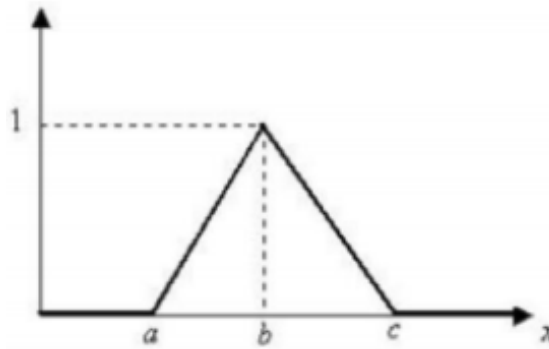


Figura 7: Representação gráfica do número *fuzzy* triangular.

Podemos observar que a manipulação e interpretação dos números *fuzzy* triangulares são triviais. Para exemplificar, vamos considerar a expressão "aproximadamente igual a 9" que pode ser representada por (8, 9, 10), enquanto "9 exato" pode ser descrito por (9, 9, 9).

Embora as formas triangulares e trapezoidais de funções de pertinência sejam comumente utilizadas para representar números *fuzzy*, outras formas podem ser preferíveis em algumas aplicações. Além disso, as funções de pertinência de números *fuzzy* não precisam ser simétricas. Um exemplo comum são as funções em forma de "sino", que podem ser simétricas ou assimétricas. Funções de pertinência que apenas aumentam ou diminuem também qualificam como números *fuzzy*, capturando nossa concepção de grandeza ou pequenez de um número no contexto de cada aplicação (KLIR e YUAN, 1995).

O conceito de número *fuzzy* é essencial na formulação de variáveis *fuzzy* quantitativas, que são variáveis cujos estados são números *fuzzy*. Quando esses números *fuzzy* representam

conceitos linguísticos, como muito pequeno, pequeno, médio, grande, entre outros, no contexto específico, eles são chamados de variáveis linguísticas (KLIR e YUAN, 1995).

#### 2.3.4 VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS

Uma variável linguística é uma variável cujos valores são palavras ou frases em uma linguagem natural ou artificial (LIANG e WANG, 1991). Em outras palavras, ela é caracterizada por valores que não são numéricos, mas sim expressões verbais. Esses valores correspondem aos nomes dos conjuntos *fuzzy*, os quais são definidos por meio de funções de pertinência. De acordo com Gonçalves (2007), de maneira geral, os valores de uma variável linguística podem ser expressos como sentenças em uma linguagem específica, sendo formadas a partir de termos primários (alto, baixo, pequeno, médio, grande, zero), conectivos lógicos (negação não, conectivos *e* e *ou*), modificadores (muito, pouco, levemente, extremamente) e delimitadores (como parênteses).

Considere, por exemplo, a variável linguística representando a velocidade de um automóvel. Nesse caso, os valores atribuídos à variável são: baixa, média e alta, como ilustrado na Figura 8.

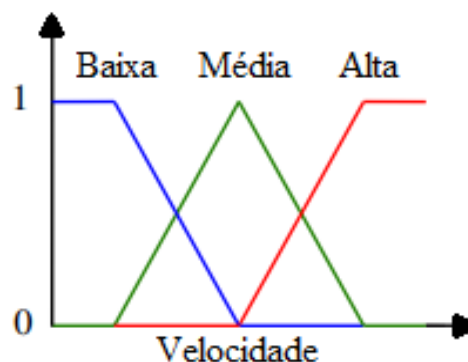


Figura 8: Variável linguística

Ainda de acordo com Gonçalves (2007), a principal função das variáveis linguísticas é oferecer uma abordagem sistemática para a descrição aproximada de fenômenos complexos ou

mal definidos. Desta forma, ao possibilitar uma caracterização mais flexível e aproximada, essas variáveis contribuem significativamente para a modelagem de sistemas nos quais a precisão exata é desafiadora.

### 2.3.5 SISTEMA FUZZY

Os sistemas *fuzzy* representam uma abordagem inovadora na modelagem de sistemas complexos, onde a imprecisão e a incerteza desempenham papéis significativos. As etapas de um sistema *fuzzy* são um conjunto de passos estruturados que nos guiam na tomada de decisões e na resolução de problemas em contextos complexos e incertos. Segundo Wang (1996), de maneira genérica, um sistema *fuzzy* é composto por quatro componentes interconectados: *fuzzificadores*, base de regras *fuzzy*, inferência *fuzzy* e *defuzzificadores*. Na Figura 9 podemos observar tais componentes.

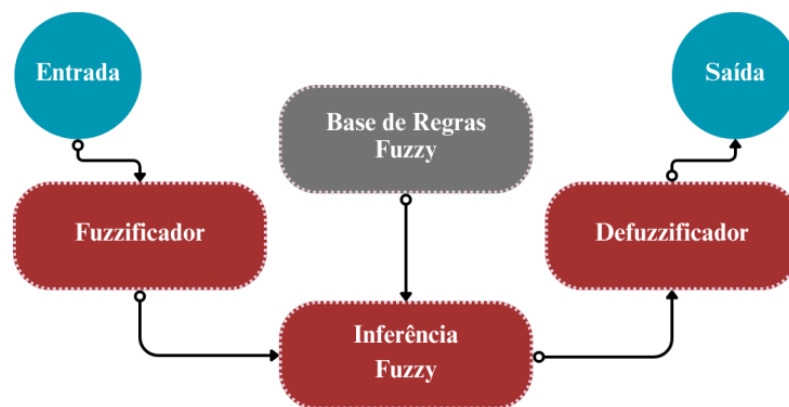


Figura 9: Sistema *fuzzy* (adaptado de WANG, 1996).

A função primordial de um *fuzzificador* é transformar os valores de entrada reais em graus de pertinência a conjuntos difusos. Ou seja, a *fuzzificação*, que representa o estágio inicial no processamento, é responsável pela conversão das variáveis, que inicialmente estão na forma determinística ou *crisp* (número), para a forma *fuzzy* (pertinência) (SILVA, 2008). Os valores numéricos são expressos em termos da linguagem natural, e para cada valor de entrada, são

associados a uma função de pertinência. Essa associação possibilita a obtenção do grau de verdade da proposição.

A base de regras *fuzzy* compreende um conjunto de regras linguísticas “IF-THEN”, representando a parte essencial de um sistema *fuzzy*. Todos os outros componentes são empregados para a eficiente e razoável implementação dessas regras.

Durante o processo de inferência *fuzzy*, os princípios da lógica *fuzzy* são empregados para combinar as regras *fuzzy* “IF-THEN” (proposições condicionais) existentes na base de regras com os dados *fuzzy* de entrada. De acordo com Silva (2008), a inferência *fuzzy* é um procedimento que avalia as regras que relacionam as variáveis e conduzem à conclusão final do sistema. O raciocínio ocorre por meio da inferência, permitindo deduzir ou concluir com base em fatos conhecidos (Min-Max). As variáveis linguísticas de entrada e saída representam o conhecimento no processo de inferência *fuzzy*. Este processo possui duas fases distintas: a avaliação da implicação de cada regra e a composição das conclusões de todas as regras em um valor consolidado.

Na etapa de *defuzzificação*, o valor associado à variável linguística de saída, determinado pelas regras *fuzzy*, será convertido em um valor discreto (*crisp*) (GRECCO, 2012). Podemos dizer que o propósito é obter um ponto na saída que melhor representa o conjunto *fuzzy*.

De acordo com Grecco (2012), para escolher o método adequado de *defuzzificação*, é possível empregar uma abordagem apoiada no centróide ou nos valores máximos presentes na função de pertinência resultante. Os métodos de *defuzzificação* incluem:

- Valor Máximo: este método determina a ação de inferência como o valor numérico da saída, representado na abscissa da função de pertinência, correspondendo ao grau máximo de pertinência da variável linguística;
- Média dos Máximos: este método gera um valor numérico de saída, que é a média aritmética dos máximos, expostos na abscissa da função de pertinência, da variável linguística de saída produzida pela inferência *fuzzy*;
- Centro dos Máximos: neste método, o valor de saída é obtido como a média ponderada dos máximos, expostos na abscissa da função de pertinência, da variável linguística de saída produzida pela inferência *fuzzy* com os pesos, representados pelos respectivos valores de pertinência;

- Centro de Área, Gravidade ou Centróide: o valor numérico de saída é determinado pelo ponto da abscissa que divide pela metade a área sob a função de pertinência formada pela combinação das partes consequentes das regras. Este método é o mais usado e pode ser expresso pela Equação 2.6 (YAGER e FILEV, 1993; OLIVEIRA JR., 1999):

$$Saída = \frac{\sum x(i).A(i)}{\sum A(i)}, \text{ para o conjunto clássico } A = \{A(i) | x(i)\} \quad (2.3)$$

### 2.3.6 MÉTODOS FUZZY DE TOMADA DE DECISÃO

Um método *fuzzy* apropriado de tomada de decisão deve incluir os processos de identificação, medição e combinação de critérios e alternativas. Isso viabiliza a modelagem conceitual da decisão e sua avaliação em ambientes caracterizados pela incerteza (GRECCO, 2012; GRECCO, 2014).

Alguns trabalhos pesquisados (MARTINO, 1983; GRECCO, 2012, GRECCO, 2014; GRECCO et al., 2009; SANTOS et al., 2009) relatam a importância da seleção e da opinião de especialistas, uma vez que a confiabilidade dos resultados está intrinsecamente ligada à competência dos especialistas. Um especialista é alguém que detém experiência singular em relação a um componente específico de um processo ou questão de interesse.

Diversos métodos *fuzzy* de decisão utilizando a opinião de especialistas são discutidos na literatura (COSENZA, 1981; LEE, 1996; HSU e CHEN, 1996; YAGER, 2000; GRECCO, 2012; GRECCO, 2014). Esses métodos de decisão empregam a teoria dos conjuntos *fuzzy* para sugerir a melhor alternativa com base em critérios previamente definidos, utilizando informações com o objetivo de alcançar um objetivo determinado.

Hsu e Chen (1996) desenvolveram uma abordagem que emprega a agregação de opiniões difusas individuais em um consenso de grupo. Eles propuseram um procedimento para consolidar as opiniões de especialistas, utilizando o conceito de números *fuzzy*.

Nesta agregação de similaridades, as opiniões dos especialistas foram expressas por números *fuzzy* trapezoidais, levando em conta que eles compartilham uma interseção comum em um conjunto de corte de nível- $\alpha$ , onde  $\alpha \in (0, 1]$ .

Na ausência de uma interseção entre as estimativas iniciais do especialista *k-ésimo* e *l-ésimo*, pode-se recorrer ao Método Delphi (GRECCO, 2012). Este método se revela útil para obter informações suficientes, ajustando os dados fornecidos por cada especialista a fim de estabelecer essa interseção (SAATY, 1980; TUROFF e LINSTONE, 2002).

Em seguida, é introduzida uma função de medida de similaridade para avaliar o grau de concordância entre as opiniões dos especialistas, resultando em uma matriz de concordância. Por fim, as opiniões dos especialistas são combinadas, considerando também a importância de cada especialista participante no processo de avaliação.

Na revisão da literatura realizada, não foi identificado nenhum estudo robusto no campo da divulgação científica que faça uso de métodos *fuzzy* de decisão baseados em análise multicritério. A pesquisa nesse domínio específico parece carecer de investigações aprofundadas que empreguem abordagens *fuzzy* para a tomada de decisões em cenários multidimensionais, sobretudo o uso de critérios norteadores.

Para esta dissertação, adotou-se o método de Hsu e Chen (1996), pois se alinha ao procedimento estabelecido para a definição de um padrão de divulgação científica. Tal escolha se fundamenta nos procedimentos integrados de agregação, similaridade e concordância das opiniões dos especialistas, componentes essenciais na análise proposta.

Apesar de ainda não ter sido explorado no campo da divulgação científica, o método de Hsu e Chen (1996) já demonstrou eficácia e aplicabilidade em diversas áreas. Podemos destacar, entre elas, um modelo para avaliação da resiliência em organizações que lidam com tecnologias perigosas, proposto por Grecco (2012), aplicado no setor de expedição de radiofármacos; um modelo *fuzzy* para priorização de variáveis qualitativas de desempenho, proposto por Pinto (2019), na área de construção naval; um modelo *fuzzy* para o desenvolvimento de um método para a gestão do conhecimento nuclear, proposto por Souza (2021); e a aplicação da lógica *fuzzy* para avaliação do nível de resiliência de unidades de saúde utilizando o espectro amarelo do Protocolo de Manchester, proposto por Seabra (2021).

Essa decisão visa trazer uma perspectiva inovadora para o domínio da divulgação científica e investigar a eficácia do método em um contexto até então não explorado.

### 3 O MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo, é exposto o método de avaliação da divulgação científica no contexto nuclear, o qual representa um dos objetivos específicos desta pesquisa. As investigações bibliográficas, discutidas pormenorizadamente no Capítulo 2, desempenharam um papel fundamental na formulação da estrutura que sustenta o referido método de avaliação.

O método de avaliação foi organizado em três etapas:

- A elaboração de uma estrutura de critérios, juntamente com suas métricas de avaliação, abarcando tópicos relevantes e pertinentes;
- A determinação de um padrão de excelência em divulgação científica, que serve como base de referência para a análise e avaliação das divulgações científicas específicas;
- Avaliação da divulgação científica, construída sobre um padrão estabelecido, concebendo uma avaliação objetiva que incorpora as características inerentes ao referido padrão.

#### 3.1 A ESTRUTURA DE CRITÉRIOS

A estrutura de critérios concebida para a avaliação da divulgação científica no domínio nuclear está associada aos elementos da comunicação do modelo de Lasswell e encontra suas raízes fundamentadas na revisão da literatura científica, sob a orientação das contribuições notáveis de Bueno (1985), Burns, O'Connor e Stocklmayer (2003), Mattozo, Camargo e Lage (2004), Joubert (2004), Vieira (2004), Wrobel (2004), Ribeiro e Kawamura (2005), Bueno (2010), Pattanaphanchai, O'hara e Hall (2013), Bastos (2015), Mendonça e Neto (2015), Gomes, Silva e Machado (2016), Reale e Martyniuk (2016), Dutra e Barbosa (2017), Bergamaschi, Amaral e Alencar (2021), Souza e Silva (2021) e Araújo, Silva e Gomes (2022).

Esta estrutura de critérios, apresentada no Quadro 8, e a consequente avaliação de cada um dos critérios, representados na Quadro 9, emergem como resultado de um trabalho,

destinado a proporcionar uma base sólida para a avaliação da disseminação do conteúdo científico no âmbito nuclear. É primordial observar que a tarefa de avaliar cada um desses critérios se efetuará por meio de métricas de natureza subjetiva, o que reforça a abordagem aberta e compreensiva adotada nesse processo.

É relevante destacar que tanto os critérios norteadores quanto as avaliações que deles derivam apresentam-se como elementos adaptáveis e mutáveis, capazes de moldar-se em conformidade com as peculiaridades próprias do emissor da divulgação científica e do contexto específico em que estão inseridos. Esse grau de flexibilidade reafirma a natureza prática e sensível ao contexto da metodologia proposta.

<b>Dimensões</b>	<b>Crítérios</b>
Emissor	1.1 Autoridade.
	1.2. Credibilidade.
	1.3. Didática nos comentários.
	1.4. Imparcialidade.
	1.5. Interação.
	1.6. Tempo de resposta.
Mensagem	2.1. Autoria.
	2.2. Bibliografia disponível.
	2.3. Comunicabilidade.
	2.4. Objetividade.
	2.5. Precisão e coerência.
	2.6. Sequência lógica.
	2.7. Uso adequado da língua.
	2.8. Uso de analogias nas explicações.
Canal	3.1. Acessibilidade.
	3.2. Avaliação.
	3.3. Design.
	3.4. Interatividade.
	3.5. Simplicidade.
	3.6. Transmídiaalidade.
Receptor	4.1. Alcance.
	4.2. Nível de conhecimento prévio.
	4.3. Relevância.
Efeito	5.1. Atualizado e informativo.
	5.2. Compreensão pública.
	5.3. Desmistificação do cientificismo.
	5.4. Impressão positiva.
	5.5. Engajamento.
	5.6. Abordagem realista.
	5.7. Indução ao feedback.

Quadro 8: Estrutura proposta de critérios norteadores.



Dimensões	Avaliação
Emissor	<b>1.1. Autoridade:</b> Avalia o reconhecimento da competência e conhecimento de uma fonte em uma área específica. É concedida por méritos acadêmicos, experiência prática ou reconhecimento pelos pares.
	<b>1.2. Credibilidade:</b> Avalia a confiança que o público tem no divulgador científico. É construída ao longo do tempo com base em experiências passadas, consistência e confiabilidade das informações fornecidas.
	<b>1.3. Didática nos comentários:</b> Refere-se à habilidade do divulgador científico em fornecer respostas, de maneira lógica e compreensível, diante dos questionamentos apresentados pelo público nos comentários de plataformas digitais.
	<b>1.4. Imparcialidade:</b> Analisa a neutralidade do divulgador científico ao apresentar informações científicas, destacando a importância de evitar qualquer viés ideológico ou interesse pessoal que possa comprometer a imparcialidade na interpretação dos dados.
	<b>1.5. Interação:</b> Enfatiza a disposição do emissor em se envolver em diálogo e interação com o público, respondendo a perguntas e fornecendo esclarecimentos adicionais de maneira receptiva, promovendo assim uma comunicação efetiva e transparente.
	<b>1.6. Tempo de resposta:</b> Avalia se o divulgador científico responde rapidamente às dúvidas e comentários do público.
Mensagem	<b>2.1. Autoria:</b> Refere-se à clara identificação ao longo do conteúdo, proporcionando transparência e permitindo que o público reconheça o autor da divulgação científica.
	<b>2.2. Bibliografia disponível:</b> Avalia a presença de referências bibliográficas confiáveis na mensagem, permitindo a verificação e respaldo das informações apresentadas por meio de fontes documentadas e reconhecidas.
	<b>2.3. Comunicabilidade:</b> Analisa se a mensagem é comunicada de maneira clara e compreensível para o público-alvo, evitando o uso de jargões técnicos e adotando uma linguagem acessível.
	<b>2.4. Objetividade:</b> Enfatiza a apresentação direta e sem rodeios das informações ao público-alvo, proporcionando uma comunicação eficaz.
	<b>2.5. Precisão e coerência:</b> Avalia a exatidão e consistência da mensagem, garantindo que as informações transmitidas sejam precisas, livres de contradições e coesas.
	<b>2.6. Sequência lógica:</b> Verifica se as informações são organizadas de maneira lógica, facilitando a compreensão do público-alvo ao seguir uma sequência que favoreça o entendimento.
	<b>2.7. Uso adequado da língua:</b> Analisa se o conteúdo é elaborado sem erros relacionados à língua portuguesa, garantindo a qualidade da comunicação e evitando possíveis confusões.
	<b>2.8. Uso de analogias nas explicações:</b> Destaca a presença de analogias que aproximam conceitos científicos de fenômenos do dia-a-dia do público, facilitando a compreensão e tornando a informação mais acessível e tangível.
Canal	<b>3.1. Acessibilidade:</b> Refere-se à disponibilidade de recursos no meio de comunicação escolhido que tornam os conteúdos acessíveis a qualquer público, como por exemplo a inclusão de legendas para pessoas com perda total da audição, garantindo assim uma experiência inclusiva.

	<p><b>3.2. Avaliação:</b> Analisa se o meio empregado para a divulgação científica possibilita a mensuração da satisfação do público em relação ao conteúdo apresentado, permitindo a coleta de feedback e a busca por aprimoramento contínuo. Por exemplo, uma plataforma que utiliza enquetes online para avaliar a satisfação do público.</p>
	<p><b>3.3. Design:</b> Avalia se os materiais desenvolvidos para a divulgação científica são visualmente agradáveis e apresentam uma estética limpa, contribuindo para uma experiência positiva e envolvente.</p>
	<p><b>3.4. Interatividade:</b> Verifica se o meio que geralmente é escolhido para a divulgação científica oferece ferramentas interativas, como fóruns, chats ou comentários, promovendo a participação ativa do público e a troca de ideias.</p>
	<p><b>3.5. Simplicidade:</b> Avalia se existe uma facilidade de navegação e entendimento do meio escolhido, garantindo que o conteúdo seja acessível e compreensível para um amplo espectro de público.</p>
	<p><b>3.6. Transmídia:</b> Analisa se o conteúdo é postado em mais de um tipo de mídia, indicando a adaptabilidade do material a diferentes plataformas e facilitando o alcance de diversos públicos por meio de tecnologias variadas.</p>
Receptor	<p><b>4.1. Alcance:</b> Refere-se à capacidade do conteúdo divulgado atingir uma quantidade significativa de pessoas, demonstrando a eficácia da fonte divulgadora em alcançar uma audiência ampla.</p>
	<p><b>4.2. Nível de conhecimento prévio:</b> Revela a atenção da fonte em reconhecer o conhecimento prévio do público, assegurando uma abordagem adaptada e compreensível ao comunicar informações científicas. Isso demonstra o comprometimento da fonte em entregar um conteúdo alinhado com a audiência, considerando cuidadosamente o entendimento prévio do público para oferecer uma experiência informativa mais eficaz e acessível.</p>
	<p><b>4.3. Relevância:</b> Analisa se os conteúdos transmitidos pela fonte são relevantes para o contexto em que está inserida e para o público-alvo, esclarecendo fenômenos do dia a dia e fornecendo informações que possam enriquecer a compreensão do público sobre o mundo ao seu redor e seu cotidiano.</p>
Efeito	<p><b>5.1. Atualizado e informativo:</b> Avalia se os conteúdos transmitidos por esta fonte fazem com que o público-alvo fique informado e atualizado, pois devido à natureza em constante evolução da ciência, é importante que o público esteja a par das últimas descobertas e avanços no campo.</p>
	<p><b>5.2. Compreensão pública:</b> Analisa se os conteúdos elaborados pela fonte explicam os princípios científicos, os processos envolvidos e os benefícios potenciais, trazendo como efeito a compreensão plena sobre assunto.</p>
	<p><b>5.3. Desmistificação do cientificismo:</b> Analisa a capacidade da divulgação científica em desmistificar o cientificismo, promovendo uma compreensão realista da ciência e de seu papel na sociedade, incentivando o desenvolvimento do pensamento crítico do público.</p>
	<p><b>5.4. Impressão positiva:</b> Refere-se em deixar uma percepção positiva em relação aos temas científicos, criando uma conexão emocional com o público.</p>
	<p><b>5.5. Engajamento:</b> Avalia se a fonte consegue despertar o interesse e o engajamento do público em relação ao conteúdo científico apresentado.</p>
	<p><b>5.6. Abordagem realista:</b> Analisa a abordagem da fonte ao lidar com temas científicos nos quais os resultados estão distantes de serem alcançados. É fundamental que a fonte seja explícita nesse contexto, alertando o público de</p>

	maneira clara e transparente, com o objetivo de prevenir expectativas ilusórias e enganosas.
	<b>5.7. Indução ao feedback:</b> Analisa se a fonte promove a indução ativa do público para realizar feedback, incentivando a participação e a contribuição do público na construção de uma melhor divulgação científica.

Quadro 9: Avaliação dos critérios norteadores.

### 3.2 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

O atual estágio do processo engloba uma nova abordagem, uma vez que almeja extrair perspectivas de especialistas que possuam domínio profundo no contexto da área em questão. A tarefa gira em torno da atribuição de graus de importância a cada um dos critérios fundamentais inerentes a cada dimensão do processo de comunicação, objetivando, assim, a concretização de uma divulgação científica bem-sucedida. Nesta etapa, temos uma versão adaptada do método de avaliação da resiliência, utilizado originalmente por Grecco (2012).

O enfoque busca alinhar exatamente as percepções dos especialistas e a natureza da divulgação científica almejada. O valor atribuído a cada critério, sob a perspectiva desses profissionais, assume a função de espelhar o paradigma que define uma divulgação científica eficaz e eficiente. É de suma importância salientar que, neste cenário, a avaliação não está voltada diretamente ao divulgador científico, mas sim ao padrão ideal de divulgação científica que o emissor do conteúdo científico aspira a alcançar.

No que se refere a determinação do próprio padrão de divulgação científica, o processo encontra-se fragmentado em um total de sete fases, detalhadamente traçadas e apresentadas na Figura 10 a seguir:

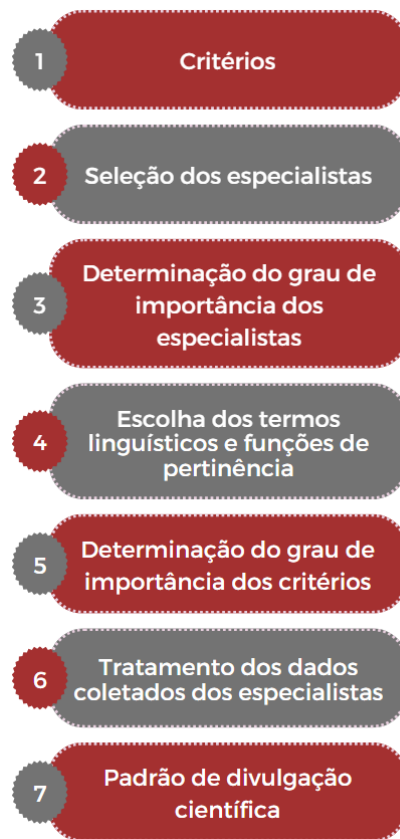


Figura 10: Etapas da segunda parte do método.

- ETAPA 1: Definição dos critérios.

Os critérios expostos na Seção 3.1 desempenham o papel de variáveis linguísticas dentro do método.

- ETAPA 2: Seleção dos especialistas.

Os especialistas englobam um conjunto diversificado de indivíduos, todos dotados de reconhecida experiência e conhecimento, que possuem um histórico de envolvimento, quer direto ou indireto, na área de interesse em foco. Esses profissionais, com um histórico de

entendimento profundo do campo, são candidatos naturais e qualificados para participar do processo de avaliação dos critérios em pauta.

- ETAPA 3: Determinação do grau de importância dos especialistas.

Considerando a natureza invariável de um grupo de especialistas, caracterizado por uma diversidade, torna-se imperativo reconhecer que as opiniões expressas não podem ser equiparadas com uma homogeneidade total. Em virtude desse cenário, cada opinião se destaca por uma relevância intrínseca, a qual é moldada pelo grau de importância do respectivo especialista.

O processo de estabelecer o grau da importância de cada especialista é conduzido mediante a aplicação de um questionário elaborado para a coleta de dados. Esse instrumento, denotado como Questionário (Q), utilizado no trabalho de Grecco (2012), desempenha um papel importante na identificação do perfil e das contribuições de cada especialista. Cada questionário abrange um conjunto de informações fornecidas por um especialista singular, onde os graus de importância inerentes são prontamente traduzidos em subconjuntos  $\mu_i (k)$ , os quais são delimitados dentro do intervalo [0,1].

O grau de importância de cada especialista, expressa como  $GIE_i$ , emerge como uma medida relativa e significativa, informando sobre a significância do conhecimento de um especialista quando contrastado com seus pares. Essa medida encapsula a perspicácia coletiva do especialista, cotejando suas contribuições únicas em relação aos demais, conferindo, assim, um contorno tangível à abordagem adotada no estudo em questão. Esse grau é definido por:

$$GIE_i = \frac{tQ_i}{\sum_{i=1}^n tQ_i} \quad (3.1)$$

Onde:

$tQ_i$  = total de pontos do questionário para o especialista i.

- ETAPA 4: Escolha dos termos linguísticos e das funções de pertinência.

Sob a perspectiva da teoria *fuzzy*, é possível conceber cada critério como uma variável linguisticamente, relacionada com um conjunto de termos linguísticos associados a funções de pertinência, previamente definidas em um domínio de referência predeterminado. Cada critério, dessa maneira, surgirá como uma composição de distintos termos linguísticos, derivados ao longo de um processo avaliativo conduzido com a expertise inerente aos especialistas. Dessa maneira, esses próprios critérios também se materializarão como números *fuzzy*, encaixando-se no contexto da teoria *fuzzy* e ampliando sua influência dentro da estrutura em análise.

Os termos linguísticos definidos foram:

- Muito importante (MI): para os critérios que são considerados muito importantes (têm grande influência) para divulgação científica;
- Importante (I): para os critérios que são considerados importantes (têm influência) para divulgação científica;
- Pouco importante (PI): para os critérios que são considerados pouco importantes (têm pouca influência) para divulgação científica;
- Não é importante (NI): para os critérios que não são considerados importantes (não têm influência) para divulgação científica.

Os termos linguísticos em foco serão quantificados por meio da representação através de números *fuzzy* triangulares. Essa representação numérica, delineada por gráficos relacionados a cada termo linguístico, é um reflexo tangível do grau de importância atribuído a cada critério analisado. É importante destacar que os números *fuzzy* triangulares demonstram uma afinidade para lidar com informações permeadas por um grau de incerteza e ambiguidade, uma característica das variáveis linguísticas que capturam as opiniões especializadas, conforme documentado por Grecco (2012).

Na Figura 11, são apresentadas de forma visual as variáveis linguísticas, acompanhadas por seus respectivos termos linguísticos e as representações gráficas de suas funções de pertinência. Complementando essa visualização, o Quadro 10 apresenta a associação direta entre os termos linguísticos e os números *fuzzy* triangulares, oferecendo um panorama completo do mapeamento numérico das nuances linguísticas subjacentes.

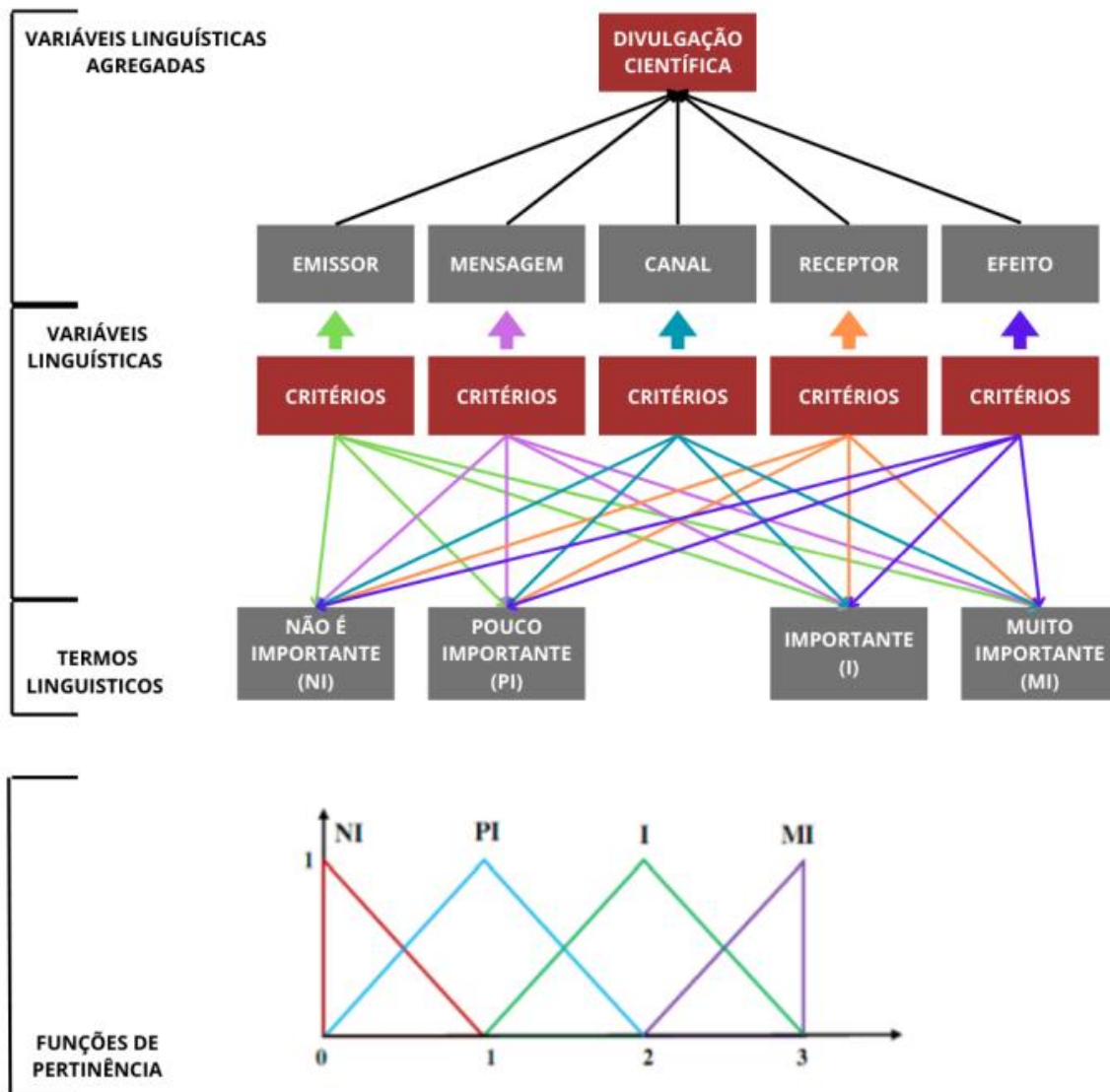


Figura 11: As variáveis linguísticas, os termos linguísticos e os gráficos das funções de pertinência.

Grau de importância	Simbologia	Termo linguístico	Número <i>fuzzy</i> triangular
0,0	NI	Não é Importante	$N_1 = (0,0; 0,0; 1,0)$
1,0	PI	Pouco Importante	$N_2 = (0,0; 1,0; 2,0)$
2,0	I	Importante	$N_3 = (1,0; 2,0; 3,0)$
3,0	MI	Muito Importante	$N_4 = (2,0; 3,0; 3,0)$

Quadro 10: Números *fuzzy* para os termos linguísticos.

O conjunto dos termos linguísticos da Quadro 10 possui as seguintes funções de pertinência propostas por Lee (1996):

$$N_1 = (0,0; 0,0; 1,0) \quad \mu_{N_1}(x) = \begin{cases} 1 - x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & 1 \leq x \leq n \end{cases}$$

$$N_2 = (k - 2; k - 1; k) \quad \mu_{N_2}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq k - 2 \\ x - (k - 2), & k - 2 \leq x \leq k - 1 \\ k - x, & k - 1 \leq x \leq k \\ 0, & k \leq x \leq n \end{cases} \text{ para } k = 2, \dots, (n - 1)$$

$$N_n = (n - 2; n - 1; n - 1) \quad \mu_{N_n}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq n - 2 \\ x - (n - 2), & n - 2 \leq x \leq n - 1 \end{cases}$$

- ETAPA 5: Determinação do grau de importância de cada critério.

O escopo desta etapa reside na obtenção, junto aos especialistas, dos graus de importância inerentes a cada um dos critérios referentes a cada uma das dimensões previamente definidos. Esse processo, delicadamente conduzido, envolve a exploração do conjunto de termos linguísticos, traduzidos em números *fuzzy* triangulares, conforme ilustrado no Quadro 10. É de suma importância que cada especialista entenda que seu conhecimento será usado no contexto da pesquisa, e não como uma avaliação direta de suas habilidades. Tal clareza é



fundamental para assegurar que seus julgamentos sejam emitidos com a devida ponderação e relevância.

- ETAPA 6: Tratamento dos dados coletados dos especialistas na avaliação de cada critério.

Na atual etapa, empregando o método de agregação de similaridades proposto por Hsu e Chen (1996), é feita a combinação dos julgamentos individuais dos especialistas. Esta etapa envolve:

- 1) o cálculo do grau de concordância entre opiniões;
  - 2) a construção da matriz de concordância;
  - 3) o cálculo da concordância relativa;
  - 4) o cálculo do grau de concordância relativa;
  - 5) o cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas;
  - 6) a determinação do valor *fuzzy* de cada critério referente as dimensões.
- ETAPA 6.1: Cálculo do grau de concordância entre opiniões.

A determinação do grau de concordância (GC) consiste em uma etapa envolvendo a combinação dos julgamentos dos especialistas  $E_i$  e  $E_j$ . Esse procedimento é realizado por meio da razão entre a área de interseção (AI) e a área de união (AU) de suas funções de pertinência, resultando em um valor que expressa a concordância entre os julgamentos.

$$GC_{ij} = \frac{AI}{AU} = \frac{\int_x (\min\{\mu_{Ni}(x), \mu_{Nj}(x)\})dx}{\int_x (\max\{\mu_{Ni}(x), \mu_{Nj}(x)\})dx} \quad (3.2)$$

Neste ponto da análise, é relevante observar os valores das áreas de interseção e de união das opiniões *fuzzy*, os quais são devidamente documentados nos Quadros 11 e 12, respectivamente. Para uma compreensão mais visual, as Figuras 12 e 13 apresentam uma representação gráfica das mencionadas áreas, enfocando tanto a área de interseção quanto a área de união das opiniões *fuzzy* I e MI.

Opinião	NI	PI	I	MI
NI	0,5	0,25	0	0
PI	0,25	1	0,25	0
I	0	0,25	1	0,25
MI	0	0	0,25	0,5

Quadro 11: Valores das áreas de interseção das opiniões *fuzzy*.

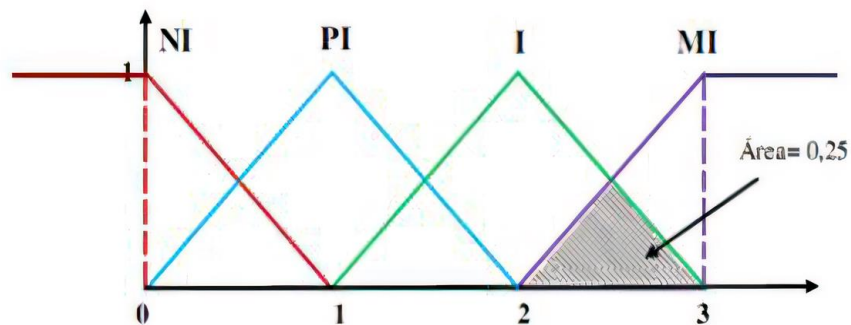


Figura 12: Representação da área de interseção de duas opiniões *fuzzy* (I e MI).

Opinião	NI	PI	I	MI
NI	0,5	1,25	1,5	1
PI	1,25	1	1,75	1,5
I	1,5	1,75	1	1,25
MI	1	1,5	1,25	0,5

Quadro 12: Valores das áreas de união das opiniões *fuzzy*.

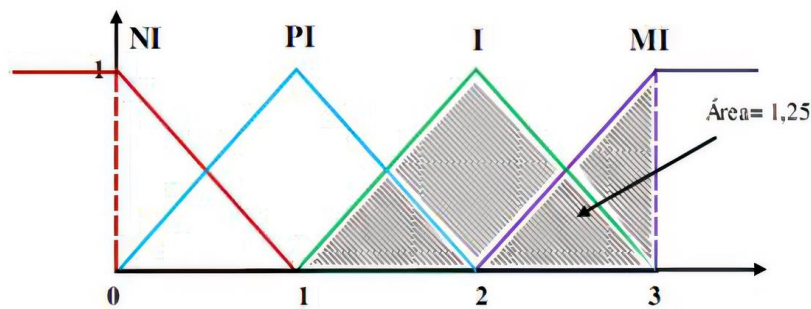


Figura 13: Representação da área de união de duas opiniões *fuzzy* (I e MI).

- ETAPA 6.2: Construção da matriz de concordância.

A construção da matriz de concordância (MC) envolve uma abordagem para capturar e refletir todos os graus de concordância entre cada par de especialistas, denotados por  $E_i$  e  $E_j$ . Vale destacar que, quando  $i$  é igual a  $j$ ,  $GC_{ij}$  assume de valor de 1.

$$MC = \begin{bmatrix} 1 & GC_{12} & \dots & GC_{1j} & \dots & GC_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ GC_{i1} & GC_{i2} & \dots & GC_{ij} & \dots & GC_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ GC_{n1} & GC_{n2} & \dots & GC_{nj} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

É importante notar que quando um valor  $GC_{ij}$  é igual a zero, isso indica a ausência de interseção entre as opiniões dos especialistas  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo. Neste caso, dependendo do contexto avaliativo, é possível buscar um aprofundamento das informações desses especialistas, visando assim alcançar uma intersecção entre suas visões.

É relevante observar que, se os valores  $GC_{ij} = 0$  forem considerados na matriz, esses valores passarão a ter um grau de importância zero no desfecho final do processo de agregação. Ou seja, graus de concordância nulos de um determinado especialista tenderão a reduzir sua influência no julgamento final do critério em questão.

Entretanto, se um número considerável de graus de concordância nulos estiver presente, denotando um baixo grau de consenso entre os especialistas, isso pode sinalizar uma possível falta de compreensão adequada do instrumento de avaliação por parte dos especialistas. Em tais

situações, é pertinente aprofundar as interações com os especialistas, a fim de alcançar um maior consenso entre suas visões divergentes, promovendo, assim, uma base mais sólida para o processo de avaliação.

- ETAPA 6.3: Cálculo da concordância relativa.

A obtenção do cálculo da concordância relativa de cada especialista ( $CR_i$ ) é alcançada através da média quadrática dos graus de concordância entre eles, empregando as informações contidas na matriz de concordância (MC):

$$CR_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (GC_{ij})^2} \quad (3.3)$$

- ETAPA 6.4: Cálculo do grau de concordância relativa.

A determinação do grau de concordância relativa de um especialista ( $GCR_k$ ), em relação aos demais especialistas, é realizada por meio da média ponderada das concordâncias relativas individuais de cada especialista ( $CR_i$ ):

$$GCR_k = \frac{CR_k}{\sum_{i=1}^n CR_i} \quad (3.4)$$

- ETAPA 6.5: Cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas.

O cálculo do coeficiente de consenso de cada especialista ( $CCE_k$ ) é determinado utilizando os valores do grau de concordância relativa ( $GCR_k$ ) e do grau de importância do especialista ( $GIE_k$ ):

$$CCE_k = \frac{GCR_k \cdot GIE_k}{\sum_{i=1}^n (GCR_i \cdot GIE_i)} \quad (3.5)$$

- ETAPA 6.6: Determinação do valor *fuzzy* de cada critério.

O resultado da avaliação dos critérios estabelecerá valor *fuzzy* de cada critério relativo às dimensões que será dado por  $N$ , que também é um número *fuzzy* triangular:

$$N = \sum_{i=1}^n (CCE_i \cdot n_i) \quad (3.6)$$

Nesse contexto, o valor  $n_i$  se refere ao número *fuzzy* triangular associado aos termos linguísticos (NI, PI, I, MI) empregados pelos especialistas durante a avaliação dos critérios.

- ETAPA 7: Estabelecimento do padrão de divulgação científica.

Para estabelecer o padrão de divulgação científica, ou seja, a base sólida que guiará a avaliação da divulgação científica da área nuclear, é realizado o cálculo do grau de importância de cada critério integrante de uma determinada dimensão.

O grau de importância atribuído a cada critério ( $GIC_i$ ) pertencente a cada dimensão é adquirido através da normalização dos valores *crisp* definidos desses critérios (conforme indicado na Equação 3.7). Para esse propósito, é determinado o valor de  $b_i$  correspondente ao número *fuzzy* triangular  $N(a_i, b_i, c_i)$  em questão. Esse valor de  $b_i$  é o que apresenta grau de pertinência igual a 1, constituindo-se assim no valor do critério.

$$GIC_i = \frac{b_i}{\text{maior valor de } b} \quad (3.7)$$

Através do Quadro 13, podemos ilustrar um exemplo de definição de um padrão referente a dimensão "Canal". Este caso de amostra leva em consideração a premissa de que o número *fuzzy* calculado na etapa anterior para o critério "Acessibilidade" detém o valor mais elevado de *b*, conforme apresentado.

Canal	Número <i>fuzzy</i>			$b_i$	GIC
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>		
3.1. Acessibilidade	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$b_1$	$b_1 / b_1 = 1$
3.2. Avaliação	$a_2$	$b_2$	$c_2$	$b_2$	$b_2 / b_1$
3.3. Design	$a_3$	$b_3$	$c_3$	$b_3$	$b_3 / b_1$
3.4. Interatividade	$a_4$	$b_4$	$c_4$	$b_4$	$b_4 / b_1$
3.5. Simplicidade	$a_5$	$b_5$	$c_5$	$b_5$	$b_5 / b_1$
3.6. Transmídiaalidade	$a_6$	$b_6$	$c_6$	$b_6$	$b_6 / b_1$

Quadro 13: Exemplo de um estabelecimento de padrão para dimensão "Canal".

### 3.3 AVALIAÇÃO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Nesta parte subsequente do método, ocorre a participação dos consumidores da divulgação científica proveniente da fonte em análise. Estes indivíduos avaliam o conjunto de critérios de cada dimensão, levando em consideração as circunstâncias específicas nas quais a referida fonte se insere. Os resultados deste processo de avaliação são então comparados com o padrão preestabelecido (ou seja, a base de referência) para a fonte em questão. Através desse confronto, índices de cumprimento para as dimensões são gerados, culminando na conclusão da avaliação da divulgação científica. Esses índices servem para mensurar em que medida a fonte avaliada alcança, em termos percentuais, o padrão ideal previamente estabelecido, o qual detém um índice igual a 1.

Esta parte do método *fuzzy* pode ser desdobrada em quatro etapas distintas, visualmente representadas na Figura 14 e detalhadamente descritas a seguir.

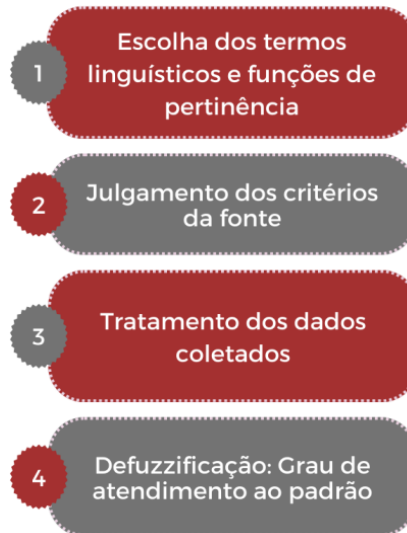


Figura 14: Etapas da terceira parte do método.

- ETAPA 1: Escolha dos termos linguísticos e funções de pertinência.

Nesta etapa foram selecionados termos linguísticos para avaliar os graus de atendimento dos critérios em uma determinada fonte de divulgação científica.

Foram utilizados os termos linguísticos: discordo totalmente (DT); discordo parcialmente (DP); não concordo, nem discordo (NCND); concordo parcialmente (CP) e concordo totalmente (CT).

Os termos linguísticos são expressos por meio de números *fuzzy* triangulares, os quais indicam o grau de atendimento de cada critério em considerado. A representação dos termos linguísticos sob essa forma é apresentada na Figura 15 e no Quadro 14, exibindo suas respectivas funções de pertinência que foram adaptadas do trabalho de Lee (1996).

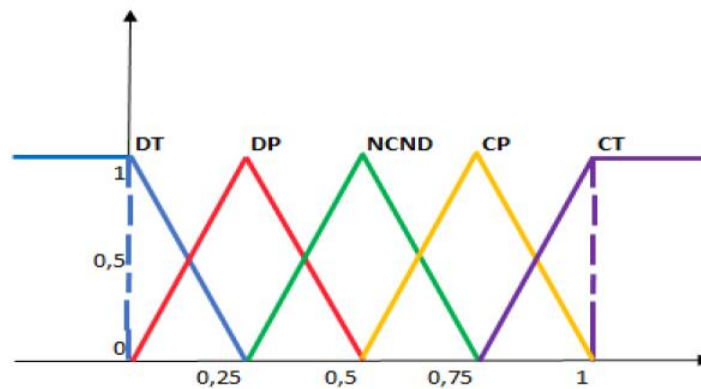


Figura 15: Funções de pertinência dos números *fuzzy* para os termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento dos critérios.

Grau de atendimento	Simbologia	Termo linguístico	Número <i>fuzzy</i> triangular
0,00	DT	Discordo totalmente	$N_1 = (0,00; 0,00; 0,25)$
0,25	DP	Discordo parcialmente	$N_2 = (0,00; 0,25; 0,50)$
0,50	NCND	Não concordo, nem discordo	$N_3 = (0,25; 0,50; 0,75)$
0,75	CP	Concordo parcialmente	$N_4 = (0,50; 0,75; 1,00)$
1,00	CT	Concordo totalmente	$N_5 = (0,75; 1,00; 1,00)$

Quadro 14: Números *fuzzy* para os termos linguísticos na avaliação dos graus de atendimento dos critérios.

- ETAPA 2: Julgamento dos critérios da fonte.

Nesta fase, os indivíduos que consomem informações científicas oriundas desta fonte procedem à avaliação dos critérios, empregando os termos linguísticos (métricas subjetivas) previamente estabelecidos na etapa anterior. O desfecho deste processo de avaliação resultará no grau de concordância atribuído ao comportamento de cada um dos critérios ligados as dimensões.



- ETAPA 3: Tratamento dos dados coletados.

Cada termo linguístico será expresso por meio de um número *fuzzy*, o qual será transformado em um formato numérico (grau de atendimento), que corresponde ao valor com grau de pertinência igual a 1.

- ETAPA 4: Defuzzificação.

O intuito desta etapa é alcançar um valor discreto numérico que capture os valores inferidos de números *fuzzy* da variável linguística de saída. Em outras palavras, é a busca por um grau de entendimento as dimensões do padrão de divulgação científica, o que pode ser interpretado como um índice da qualidade da divulgação científica.

Empregando o método do centro de área (centroide), é calculado, para cada avaliação, o grau de atendimento da divulgação científica avaliada as dimensões do padrão de divulgação científica, de acordo com a seguinte Equação 3.8:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^k GIC_j \cdot a_j}{\sum_{j=1}^k GIC_j} \quad (3.8)$$

Onde:

$A_i$  = grau de atendimento da divulgação científica a dimensão  $i$  do padrão de divulgação científica;

$a_j$  = grau de atendimento do critério  $j$  da dimensão  $i$  na divulgação científica;

$GIC_j$  = grau de importância do critério  $j$  da dimensão  $i$ , calculado por meio da Equação

3.7.

## 4 DESCRIÇÃO DA PLATAFORMA PARA O MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Este capítulo apresenta a plataforma na qual foi implementado o método de avaliação proposto nesta dissertação. Especificamente, aborda-se o ambiente de aplicação, que consiste em uma das redes sociais do IEN.

### 4.1 O INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

O surgimento do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) foi um desdobramento do contexto de desenvolvimento experimentado pelo Brasil durante o governo Kubitschek. Este instituto foi estabelecido em 1962 por meio de um acordo entre a Universidade do Brasil, atualmente denominada Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Seu propósito inicial era abrigar o Reator Argonauta, o terceiro reator a ser instalado no país. Este projeto é notável na história da engenharia nuclear brasileira, sendo considerado um marco significativo, pois foi completamente concebido e construído por engenheiros e técnicos da CNEN, em colaboração com as empresas nacionais CBV Mecânica e Microlab. O IEN está localizado na Ilha do Fundão, ocupando 146 mil m<sup>2</sup> no campus da UFRJ. Integra a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021b).

Atendo ao avanço das aplicações e técnicas relacionadas à energia nuclear globalmente e às demandas específicas do Brasil, o IEN evoluiu para tornar-se um centro de pesquisa proeminente. Atualmente, abrange diversos laboratórios, grupos de estudos, atividades de ensino e pesquisas, incluindo a operação do ciclotron para produção de radiofármacos. Dessa forma, o instituto desempenha um papel crucial como um órgão de apoio técnico para o conjunto do setor nuclear brasileiro (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021a).

Segundo o Relatório de Atividades IEN 2015-2020 (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021b), suas atividades de pesquisa são:

- Aplicações de radiotraçadores na indústria e no meio ambiente;
- Engenharia e tecnologia de reatores nucleares;
- Engenharia de sistemas complexos;
- Instrumentação nuclear;
- Técnicas nucleares na saúde;
- Desenvolvimento e caracterização de materiais funcionais e estruturais para o setor nuclear;
- Irradioquímica e química nuclear;
- Termo-hidráulica experimental de reatores nucleares;
- Realidade virtual aplicada à área nuclear;
- Gestão do conhecimento em ciências nucleares;
- Aplicações nucleares na indústria e no meio ambiente;
- Técnicas nucleares utilizando o reator argonauta;
- Técnicas nucleares com o uso de feixes de prótons.

Além das atividades de P&D, paralelamente outras entregas são realizadas pelo IEN/CNEN no âmbito dos seguintes processos finalísticos: Produção de radiofármacos para exames e diagnósticos; Técnicas de ensaios não destrutivos, como tomografia e neutronografia; Aplicação de traçadores radioativos, produzidos no Reator Argonauta e no ciclotron, para otimização de processos industriais; Proteção radiológica; Divulgação científica; Recebimento e armazenamento de rejeitos radioativos; Formação especializada para o setor nuclear, com o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares, oferecido no próprio IEN/CNEN, além da colaboração em cursos de graduação e pós-graduação externos, tais como no Instituto Militar de Engenharia (IME) e na UFRJ (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021b).

#### 4.2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

O IEN reconhece a importância de compartilhar descobertas e avanços científico com a sociedade. Desse modo, está constantemente envolvido com iniciativas e programas que

facilitem o acesso do público em geral às informações científicas. Segundo o Relatório de Atividades IEN 2015-2020 (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021b), a área de realidade virtual no IEN avançou consideravelmente no período, tendo desenvolvido diversos modelos virtuais, simuladores 3D e jogos visando treinamento em proteção física e física-médica, bem como contribuir para a divulgação científica na área nuclear. Além disso, no período de 2015 a 2019, o IEN desenvolveu conteúdo e disponibilizou equipes e materiais de exposição e divulgação em diversos eventos externos, tais como:

- INAC (São Paulo, 2015);
- SBPC Jovem (Porto Seguro, 2016);
- Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (Observatório Nacional, 2016);
- Turismo Cultural no Bairro Imperial de São Cristóvão (Observatório Nacional, 2017);
- SBPC Jovem (Belo Horizonte, 2017);
- Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (Observatório Nacional, 2017);
- INAC (Belo Horizonte, 2017);
- WNU Radiation Technologies School (São Paulo, 2017);
- SBPC (Maceió, 2018);
- Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (Observatório Nacional, 2018);
- SBPC (Campo Grande, 2019);
- Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (Observatório Nacional, 2019).

Além das atividades mencionadas, o IEN também empreende esforços significativos na esfera da divulgação científica por meio de suas redes sociais. Nesse sentido, o instituto busca constantemente aprimorar sua presença online, implementando estratégias que visam a eficaz comunicação de suas atividades e contribuições para o avanço científico. Essa abordagem integral reflete o compromisso da instituição não apenas com a excelência na pesquisa e desenvolvimento, mas também com a transparência e compartilhamento ativo de informações com a comunidade científica e o público em geral.

### 4.3 AS REDES SOCIAIS DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Nos últimos anos, o IEN aumentou sua presença nas redes sociais, destacando esse progresso com o lançamento do perfil @ien.cnen no Instagram em maio de 2020, em comemoração ao 58º aniversário da instituição. Concomitantemente, observou-se um notável aumento no número de seguidores e curtidas na página @InstitutoDeEngenhariaNuclear do Facebook (INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR, 2021b). Esses acontecimentos refletem não apenas uma adaptação efetiva à era digital, mas também uma resposta positiva por parte do público, evidenciada pelo crescimento significativo da interação nas plataformas online da instituição.

O IEN adota uma abordagem alinhada às tendências contemporâneas ao integrar-se nas redes sociais, abrangendo plataformas como YouTube, X (anteriormente conhecido como Twitter), Instagram e Facebook. Destas, destacam-se o Instagram e o Facebook como os canais mais ativos, desempenhando um papel central na divulgação institucional, mas também, em ocasiões específicas, como veículos eficazes para a divulgação científica.

O Instagram oferece uma plataforma eficaz para divulgar e compartilhar conteúdo científico com um público mais amplo em escala global. Por conseguinte, essa plataforma pode desempenhar um papel fundamental na promoção da ciência como meio de educação informal, na promoção da alfabetização científica e na ampliação da visibilidade pública das descobertas científicas (RODRIGUES e AMORIM NETO, 2022).

## 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

No capítulo anterior, foram discutidos os aspectos pertinentes ao IEN, bem como sua atuação na divulgação científica e o perfil de suas redes sociais, que foi escolhido como objeto para a aplicação do método de avaliação. No presente capítulo, descreve-se a experiência da utilização desse método no Instagram do IEN. A estrutura de critérios, delineada no Quadro 8, juntamente com a avaliação específica de cada critério, apresentada no Quadro 9 conforme exposto no subcapítulo 3.1, foi adotada devido à sua pertinência para a avaliação da divulgação científica no Instagram do IEN.

## 5.1 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O INSTAGRAM DO IEN

Nesta parte da aplicação método, conforme delineado no Capítulo 3, são detalhadas as etapas executadas para estabelecer o padrão de divulgação científica para o Instagram do IEN.

- ETAPA 1: Definição dos critérios.

Os critérios apresentados no Quadro 8 são as variáveis linguísticas do método.

- ETAPA 2: Seleção dos especialistas.

Foram selecionados dez especialistas, a maioria deles provenientes do IEN. Este grupo inclui pesquisadores líderes em diversas áreas de estudo, profissionais especializados em divulgação científica e indivíduos reconhecidos por seu conhecimento, experiência e contribuições significativas para o campo da divulgação científica. Neste contexto, delimitamos o conjunto de especialistas que procederam à avaliação dos critérios da seguinte maneira:

$E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_n\}$ , onde  $n = 10$ .

- ETAPA 3: Determinação do grau de importância dos especialistas.

Para esta etapa, empregou-se o questionário para coleta de dados do especialista conforme apresentado no Apêndice 1. Este questionário ( $Q$ ) é derivado de Grecco (2012) e Souza (2021). O questionário é constituído por 10 questões ( $q$ ), cada uma contendo múltiplos itens. Tanto as questões ( $q$ ) quanto seus respectivos itens foram formulados com base na escala de importância normalizada, buscando capturar o peso relativo atribuído por cada especialista

em relação aos seus conhecimentos, produção científica, experiência e atuação na área de divulgação científica.

Assim como afirma Grecco (2012), é importante destacar que as questões podem ser ajustadas conforme as necessidades específicas de cada contexto. Da mesma forma, os graus de importância atribuídos a cada um dos itens podem ser alterados para garantir resultados adequados para a situação em questão.

O Quadro 15 demonstra a análise dos dados obtidos junto aos especialistas. O total de pontos do questionário de cada especialista, denotado por  $tQi$ , corresponde à soma dos graus de importância atribuídos a cada questão ( $q$ ). O grau de importância de cada especialista, representado por  $GIEi$ , foi calculado de acordo com a Equação 3.1.

<b>Ei</b>	<b>q1</b>	<b>q2</b>	<b>q3</b>	<b>q4</b>	<b>q5</b>	<b>q6</b>	<b>q7</b>	<b>q8</b>	<b>q9</b>	<b>q10</b>	<b>tQi</b>	<b>GIEi</b>
<b>1</b>	1,00	0,60	1,00	0,50	0,50	0,50	0,20	0,50	1,00	0,30	6,10	0,0854
<b>2</b>	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	6,00	0,0840
<b>3</b>	0,80	0,40	0,80	0,50	0,50	0,50	0,20	0,80	0,50	0,30	5,30	0,0742
<b>4</b>	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,50	0,50	0,80	1,00	1,00	8,60	0,1204
<b>5</b>	1,00	0,60	0,80	0,00	0,00	0,00	0,20	0,50	1,00	1,00	5,10	0,0714
<b>6</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,80	1,00	0,50	8,10	0,1134
<b>7</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,00	0,1401
<b>8</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,20	0,50	1,00	1,00	6,70	0,0938
<b>9</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,00	0,1261
<b>10</b>	0,90	0,80	0,80	0,80	0,50	0,50	0,20	1,00	0,50	0,50	6,50	0,0910
<b>Total</b>											71,40	1,0000

Quadro 15: Apuração dos dados coletados dos especialistas.

A Figura 16 proporciona uma representação gráfica detalhada dos graus de importância atribuídos aos especialistas, oferecendo uma visão elucidativa das avaliações individuais realizadas.



Figura 16: Representação gráfica dos graus de importância dos especialistas.

Conforme evidenciado no Quadro 15 e na Figura 16, destaca-se que o especialista 7 apresenta o mais elevado grau de importância atribuído (0,1401), enquanto o especialista 5 demonstra o menor grau de importância (0,0714) dentre os participantes.

- ETAPA 4: Escolha dos termos linguísticos e das funções de pertinência.

Nesta etapa, foram empregados os termos linguísticos e as funções de pertinência apresentados na Figura 11 e no Quadro 10, do Capítulo 3.

- ETAPA 5: Determinação do grau de importância de cada critério.

Para determinar o grau de importância dos critérios para a divulgação científica no Instagram do IEN, recorreremos ao questionário disponível no Apêndice 2. Este questionário foi preenchido pelos especialistas, utilizando um conjunto de termos linguísticos caracterizados pelos números *fuzzy* triangulares, conforme apresentado no Quadro 10. Além disso, o questionário foi explicado a cada especialista, com o intuito de prevenir possíveis distorções ou dúvidas durante o preenchimento.



- ETAPA 6: Tratamento dos dados coletados dos especialistas na avaliação de cada critério.

São exemplificados, nesta etapa, os cálculos da avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 6.1: Cálculo do grau de concordância entre opiniões.

O cálculo do grau de concordância,  $GC_{ij}$ , entre os especialistas  $E_i$  e  $E_j$ , foi derivado da Equação 3.2. Esta equação expressa a razão entre a área de interseção das funções de pertinência correspondentes aos termos linguísticos, apresentados no Quadro 16, utilizados no julgamento do critério por esses especialistas, e a área de união dessas mesmas funções de pertinência. No Quadro 17, podemos observar os valores da área de interseção das opiniões dos especialistas, e no Quadro 18, os valores da área de união das opiniões.

<b>Especialistas</b>	<b>Termos linguísticos</b>	<b>Números <i>fuzzy</i> N</b>
1	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
2	I	(1,0; 2,0; 3,0)
3	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
4	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
5	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
6	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
7	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
8	I	(1,0; 2,0; 3,0)
9	MI	(2,0; 3,0; 3,0)
10	MI	(2,0; 3,0; 3,0)

Quadro 16: Termos linguísticos usados pelos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

<b>Opiniões</b>	<b>MI</b>	<b>I</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>I</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>I</b>	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>I</b>	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50

Quadro 17: Valores da área de interseção das opiniões dos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

<b>Opiniões</b>	<b>MI</b>	<b>I</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>	<b>I</b>	<b>MI</b>	<b>MI</b>
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>I</b>	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>I</b>	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50
<b>MI</b>	0,50	1,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,25	0,50	0,50

Quadro 18: Valores da área de união das opiniões dos especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 6.2: Construção da matriz de concordância.

Calculados todos os graus de concordância,  $GC_{ij}$ , entre cada par de especialistas  $E_i$  e  $E_j$ , foi construída a matriz de concordância, ilustrada no Quadro 19.

$E_i/E_j$	$E_1/E_j$	$E_2/E_j$	$E_3/E_j$	$E_4/E_j$	$E_5/E_j$	$E_6/E_j$	$E_7/E_j$	$E_8/E_j$	$E_9/E_j$	$E_{10}/E_j$
$E_j/E_1$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_2$	0,20	1,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	0,20
$E_j/E_3$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_4$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_5$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_6$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_7$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_8$	0,20	1,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	0,20
$E_j/E_9$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
$E_j/E_{10}$	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00

Quadro 19: Matriz de concordância entre os especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

Neste exemplo, observamos que todos os graus de concordância possuem valores não nulos, indicando que há concordância entre todos os especialistas na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

No decorrer deste estudo, uma pequena quantidade de valores  $GC_{ij} = 0$  na avaliação dos critérios foi considerada. Decidiu-se não fazer ajustes para a convergência das opiniões, optando por utilizar as informações originais da pesquisa, conforme permitido pelo método. Com este procedimento, os graus de concordância nulos de um dado especialista reduzirão sua importância no julgamento final do critério avaliado.

- ETAPA 6.3: Cálculo da concordância relativa.

A partir dos dados da matriz de concordância, determinou-se a concordância relativa ( $CR_i$ ) de cada especialista participante da avaliação, utilizando a Equação 3.3. Para o especialista 1, por exemplo, tem-se:

$$CR_i = \sqrt{\frac{1}{10-1} (1^2 + 0,2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 0,2^2 + 1^2 + 1^2)} = 0,9475$$

O Quadro 20 apresenta os valores da concordância relativa de cada especialista.

<b>Especialistas</b>	<b>CR<sub>i</sub></b>
1	0,9475
2	0,5077
3	0,9475
4	0,9475
5	0,9475
6	0,9475
7	0,9475
8	0,5077
9	0,9475
10	0,9475
<b>Total</b>	<b>8,6</b>

Quadro 20: Valores da concordância relativa de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 6.4: Cálculo do grau de concordância relativa.

O cálculo do grau de concordância relativa ( $GCR_k$ ) de cada especialista em relação aos demais especialistas foi realizado conforme a Equação 3.4. Para exemplificar, vamos considerar o caso do especialista 1.

$$GCR_1 = \frac{0,9475}{8,6} = 0,1102$$

Os valores do grau de concordância relativa de cada especialista estão apresentados no Quadro 21.

<b>Especialistas</b>	<b>GCR<sub>k</sub></b>
1	0,1102
2	0,0591
3	0,1102
4	0,1102
5	0,1102
6	0,1102
7	0,1102
8	0,0591
9	0,1102
10	0,1102

Quadro 21: Valores do grau de concordância relativa de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 6.5: Cálculo do coeficiente de consenso dos especialistas.

O cálculo do coeficiente de consenso de cada especialista ( $CCE_k$ ), levando em conta tanto o grau de concordância relativa ( $GCR_k$ ) quanto o grau de importância do especialista ( $GIE_k$ ), foi realizado conforme a Equação 3.5. Para ilustrar, vamos considerar o caso do especialista 1.

$$CCE_1 = \frac{0,1102 \cdot 0,0854}{0,1011} = 0,0931$$

Os valores do coeficiente de consenso de cada especialista estão listados no Quadro 22.

<b>Especialistas</b>	<b>CCE<sub>k</sub></b>
1	0,0931
2	0,0491
3	0,0809
4	0,1313
5	0,0779
6	0,1237
7	0,1527
8	0,0548
9	0,1374
10	0,0992

Quadro 22: Valores do coeficiente de consenso de cada especialista na avaliação do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 6.6: Determinação do valor *fuzzy* do critério “Credibilidade”.

O resultado da avaliação do critério "Credibilidade", referente à dimensão "Emissor", é representado por N, o qual é calculado pela Equação 3.6, que também é um número *fuzzy* triangular.

$$N = (1,90; 2,90; 3,00)$$

Abaixo, número *fuzzy* N é visualizado na Figura 17.

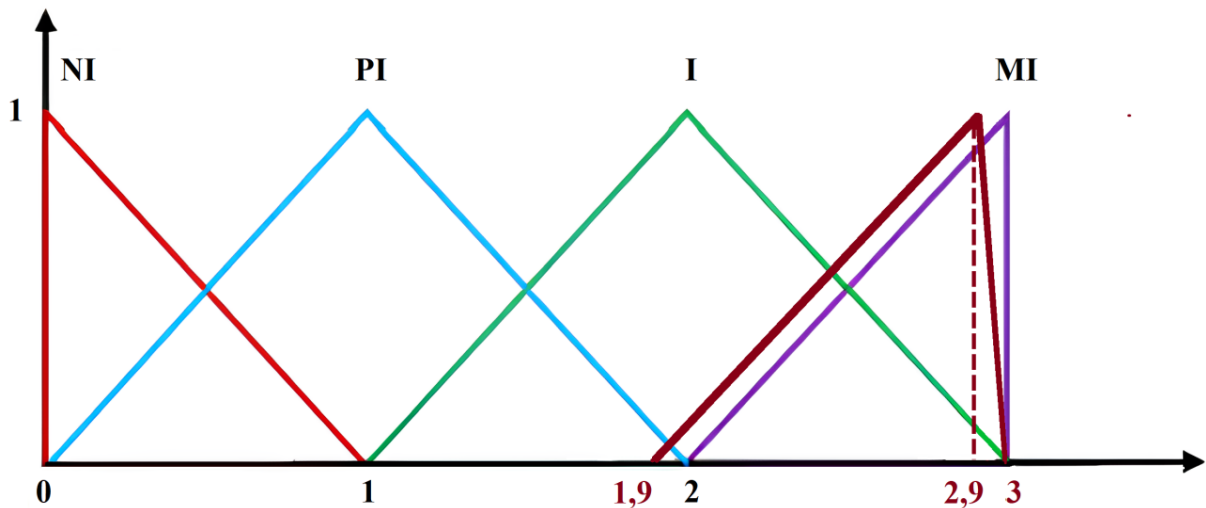


Figura 17: Função de pertinência do critério “Credibilidade” da dimensão “Emissor”.

- ETAPA 7: Estabelecimento do padrão de divulgação científica para o Instagram do IEN.

O padrão de divulgação científica para o Instagram do IEN foi determinado através do cálculo do grau de importância de cada critério que compõe cada dimensão. O grau de importância de cada critério ( $GIC_i$ ) é obtido pela normalização dos valores *crisp* desses critérios, utilizando a Equação 3.7.

O Quadro 23 exhibe a avaliação dos critérios de cada dimensão para o Instagram do IEN. Os valores do grau de importância de cada critério ( $GIC$ ) compõem um padrão de divulgação científica (conjunto *fuzzy*) para o Instagram do IEN. Dessa maneira, conseguimos estabelecer uma base de referência para a avaliação da divulgação científica proposta nessa plataforma.

Critérios	Número <i>fuzzy</i>			GIC
	a	b	c	
1.1 Autoridade.	1,80	2,80	3,00	0,966
1.2. Credibilidade.	1,90	2,90	3,00	1,000
1.3. Didática nos comentários.	1,89	2,89	3,00	0,997
1.4. Imparcialidade.	1,66	2,66	2,96	0,919
1.5. Interação.	1,64	2,64	3,00	0,913

1.6. Tempo de resposta.	1,24	2,24	3,00	0,772
<b>Mensagem</b>				
2.1. Autoria.	1,32	2,32	3,00	0,772
2.2. Bibliografia disponível.	1,64	2,64	3,00	0,880
2.3. Comunicabilidade.	2,00	3,00	3,00	1,000
2.4. Objetividade.	1,76	2,76	3,00	0,920
2.5. Precisão e coerência.	1,77	2,77	2,96	0,922
2.6. Sequência lógica.	1,48	2,48	3,00	0,828
2.7. Uso adequado da língua.	1,52	2,52	3,00	0,839
2.8. Uso de analogias nas explicações.	1,52	2,52	2,95	0,839
<b>Canal</b>				
3.1. Acessibilidade.	1,77	2,77	3,00	1,000
3.2. Avaliação.	1,10	2,10	2,97	0,757
3.3. Design.	1,35	2,35	3,00	0,850
3.4. Interatividade.	1,21	2,21	3,00	0,799
3.5. Simplicidade.	1,61	2,61	3,00	0,941
3.6. Transmídiaalidade.	1,20	2,20	2,95	0,793
<b>Receptor</b>				
4.1. Alcance.	1,82	2,82	3,00	0,991
4.2. Nível de conhecimento prévio.	1,85	2,85	3,00	1,000
4.3. Relevância.	1,66	2,66	3,00	0,935
<b>Efeito</b>				
5.1. Atualizado e informativo.	1,37	2,37	2,93	0,829
5.2. Compreensão pública.	1,53	2,53	3,00	0,884
5.3. Desmistificação do cientificismo.	1,86	2,86	3,00	1,000
5.4. Impressão positiva.	1,76	2,76	3,00	0,965
5.5. Engajamento.	1,65	2,65	3,00	0,926
5.6. Abordagem realista.	1,29	2,29	2,93	0,800
5.7. Indução ao feedback.	1,50	2,50	2,96	0,874

Quadro 23: Avaliação dos critérios de cada dimensão para o Instagram do IEN.



No Quadro 24, os valores estão apresentados em ordem decrescente de grau de importância desses critérios, ou seja, fornecem uma hierarquização dos critérios.

<b>Crítérios</b>	<b>GIC</b>
<b>Emissor</b>	
Credibilidade	1,000
Didática nos comentários	0,997
Autoridade	0,966
Imparcialidade	0,919
Interação	0,913
Tempo de resposta	0,772
<b>Mensagem</b>	
Comunicabilidade	1,000
Precisão e coerência	0,922
Objetividade	0,920
Bibliografia disponível	0,880
Uso adequado da língua	0,839
Uso de analogias nas explicações	0,839
Sequência lógica	0,828
Autoria	0,772
<b>Canal</b>	
Acessibilidade	1,000
Simplicidade	0,941
Design	0,850
Interatividade	0,799
Transmídiaalidade	0,793
Avaliação	0,757
<b>Receptor</b>	
Nível de conhecimento prévio	1,000
Alcance	0,991
Relevância	0,935
<b>Efeito</b>	

Desmistificação do cientificismo	1,000
Impressão positiva	0,965
Engajamento	0,926
Compreensão pública	0,884
Indução ao feedback	0,874
Atualizado e informativo	0,829
Abordagem realista	0,800

Quadro 24: Hierarquização dos valores do grau de importância dos critérios para o Instagram do IEN.

A análise dos dados apresentados no Quadro 23 revela que todos os critérios estão classificados nos intervalos de "I" (importante) e "MI" (muito importante), conforme o conjunto de termos linguísticos do Quadro 10. Isso ressalta a importância dos critérios estabelecidos para a divulgação científica. Vale destacar especialmente o critério "Comunicabilidade", pertencente à dimensão "Mensagem", que está no intervalo MI (muito importante), sendo o critério com o maior valor obtido dentre todos. Isso sublinha a importância para a divulgação científica de comunicar a mensagem de maneira compreensível para o público-alvo, evitando o emprego de termos técnicos e optando por uma linguagem acessível.

## 5.2 AVALIAÇÃO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTAGRAM DO IEN

Nesta avaliação, seguidores do Instagram do IEN julgaram o conjunto de critérios de cada dimensão, levando em conta a divulgação científica presente nessa plataforma. Os resultados dessa avaliação foram comparados com o padrão estabelecido na seção anterior, gerando-se graus de atendimento às dimensões, com o objetivo de avaliar a qualidade da divulgação científica realizada pelo instituto no Instagram. Esses índices indicam o quanto a divulgação científica na plataforma atende, em termos percentuais, ao padrão ideal estabelecido, que tem índice igual a 1. As etapas desse processo são detalhadas a seguir.

- ETAPA 1: Escolha dos termos linguísticos e funções de pertinência.

Nesta etapa, para avaliar os graus de atendimento dos critérios na divulgação científica realizada no Instagram do IEN, foram empregados os termos linguísticos e as funções de pertinência delineadas na Figura 15 e no Quadro 14.

- ETAPA 2: Julgamento dos critérios na divulgação científica realizada no Instagram.

Empregou-se um questionário (Apêndice 3) para captar as percepções dos usuários do Instagram do IEN sobre a divulgação científica na plataforma. Essas percepções, expressas em termos linguísticos (métricas subjetivas), consistiram nas avaliações dos critérios. Em outras palavras, o resultado foi o grau de concordância do comportamento de cada um dos critérios no Instagram do instituto.

Para garantir a consistência e minimizar distorções durante esta etapa, cada usuário, acompanhado pelo autor desta dissertação, preencheu o questionário e realizou a avaliação. Cinco usuários (U1 a U5) participaram da avaliação, e os resultados estão apresentados no Quadro 25.

<b>Crítérios</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>U4</b>	<b>U5</b>
<b>Emissor</b>					
1.1 Autoridade.	CT	CT	CT	CT	CT
1.2. Credibilidade.	CT	CT	CT	CT	CT
1.3. Didática nos comentários.	CP	NCND	NCND	NCND	CP
1.4. Imparcialidade.	CT	CT	CT	CT	CT
1.5. Interação.	CP	NCND	CP	CP	CT
1.6. Tempo de resposta.	CP	CP	CP	CT	NCND
<b>Mensagem</b>					
2.1. Autoria.	CT	CT	CT	CT	CT
2.2. Bibliografia disponível.	CP	CT	CT	CP	CT

2.3. Comunicabilidade.	CP	CT	CT	CT	CP
2.4. Objetividade.	CP	DP	CT	CT	CT
2.5. Precisão e coerência.	CT	CT	CT	CT	CT
2.6. Sequência lógica.	CT	CT	CT	CT	CT
2.7. Uso adequado da língua.	CT	CT	CT	CT	CT
2.8. Uso de analogias nas explicações.	CP	CT	CT	NCND	CP
<b>Canal</b>					
3.1. Acessibilidade.	CT	DP	DP	CT	DP
3.2. Avaliação.	CT	CT	CT	CT	CP
3.3. Design.	CT	CP	CT	CT	CT
3.4. Interatividade.	CT	CT	CT	CT	CP
3.5. Simplicidade.	CT	CT	CT	CT	CT
3.6. Transmídiaalidade.	CT	CT	CT	CT	CT
<b>Receptor</b>					
4.1. Alcance.	NCND	NCND	CP	CP	CP
4.2. Nível de conhecimento prévio.	CP	CT	CT	CP	CT
4.3. Relevância.	CT	CT	CT	CT	DP
<b>Efeito</b>					
5.1. Atualizado e informativo.	CT	CT	CT	CT	CP
5.2. Compreensão pública.	CT	CP	CP	CT	CP
5.3. Desmistificação do cientificismo.	CP	CT	CP	CP	CP
5.4. Impressão positiva.	CT	CT	CT	CT	CP
5.5. Engajamento.	DP	CP	CT	NCND	NCND
5.6. Abordagem realista.	CT	CT	CT	CT	CP
5.7. Indução ao feedback.	DP	NCND	DP	DP	DT

Quadro 25: Resultado da avaliação dos critérios pelos usuários do Instagram do IEN.

- ETAPA 3: Tratamento dos dados coletados.

Cada termo linguístico empregado nesta avaliação foi associado a um número *fuzzy* triangular, o qual foi então convertido em um formato numérico, refletindo um grau de atendimento, que corresponde ao valor com grau de pertinência igual a 1.

O Quadro 26 apresenta os graus de atendimento dos critérios de acordo com a opinião dos usuários do Instagram do IEN.

<b>Crítérios</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>U4</b>	<b>U5</b>
<b>Emissor</b>					
1.1 Autoridade.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1.2. Credibilidade.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1.3. Didática nos comentários.	0,75	0,50	0,50	0,50	0,75
1.4. Imparcialidade.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1.5. Interação.	0,75	0,50	0,75	0,75	1,00
1.6. Tempo de resposta.	0,75	0,75	0,75	1,00	0,50
<b>Mensagem</b>					
2.1. Autoria.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2.2. Bibliografia disponível.	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00
2.3. Comunicabilidade.	0,75	1,00	1,00	1,00	0,75
2.4. Objetividade.	0,75	0,25	1,00	1,00	1,00
2.5. Precisão e coerência.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2.6. Sequência lógica.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2.7. Uso adequado da língua.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2.8. Uso de analogias nas explicações.	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75
<b>Canal</b>					
3.1. Acessibilidade.	1,00	0,25	0,25	1,00	0,25
3.2. Avaliação.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
3.3. Design.	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00
3.4. Interatividade.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
3.5. Simplicidade.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3.6. Transmídiaalidade.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Receptor</b>					
4.1. Alcance.	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75

4.2. Nível de conhecimento prévio.	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00
4.3. Relevância.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25
<b>Efeito</b>					
5.1. Atualizado e informativo.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
5.2. Compreensão pública.	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75
5.3. Desmistificação do cientificismo.	0,75	1,00	0,75	0,75	0,75
5.4. Impressão positiva.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
5.5. Engajamento.	0,25	0,75	1,00	0,50	0,50
5.6. Abordagem realista.	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
5.7. Indução ao feedback.	0,25	0,50	0,25	0,25	0,00

Quadro 26: Valores dos graus de atendimento dos critérios de acordo com a opinião dos usuários do Instagram do IEN.

- ETAPA 4: *Defuzzificação*.

O objetivo desta etapa é obter um grau de atendimento do Instagram do IEN às dimensões da estrutura do padrão de divulgação científica, ou seja, um índice de divulgação científica.

Nesta etapa, visto que os usuários do Instagram do IEN possuíam experiência semelhante na plataforma, ou seja, consumiam as divulgações científicas do perfil por um mesmo tempo, considerou-se que todos usuários têm o mesmo grau de importância. Nesse sentido, utilizou-se a média *fuzzy* para agregar as opiniões individuais dos usuários.

A média *fuzzy* é um operador de agregação amplamente empregado para agregar opiniões *fuzzy* sem levar em conta a importância individual de cada indivíduo (DELGADO et al., 1993; GRECCO, 2012).

O valor da média *fuzzy* de opiniões individuais, expressas por números *fuzzy* triangulares  $(a, b, c)$ , também resultará em um número *fuzzy* triangular,  $(a_m, b_m, c_m)$ , conforme definido por:

$$a_m = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{n}, b_m = \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{n}, c_m = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n} \quad (5.1)$$

O Quadro 27 exhibe os valores das médias *fuzzy* dos graus de atendimento dos critérios (valores de b), conforme a opinião dos usuários do Instagram do IEN.

Ao considerar os dados fornecidos no Quadro 27 e os valores do grau de importância dos critérios (*GIC*), calcularam-se, por meio do método do centro de área, usando a Equação 3.8, os valores dos graus de atendimento do Instagram do IEN às dimensões do padrão de divulgação científica desta plataforma. Os resultados estão detalhados no Quadro 28.

<b>Crítérios</b>	<b>Médias <i>fuzzy</i></b>
<b>Emissor</b>	
1.1 Autoridade.	1,00
1.2. Credibilidade.	1,00
1.3. Didática nos comentários.	0,60
1.4. Imparcialidade.	1,00
1.5. Interação.	0,75
1.6. Tempo de resposta.	0,75
<b>Mensagem</b>	
2.1. Autoria.	1,00
2.2. Bibliografia disponível.	0,90
2.3. Comunicabilidade.	0,90
2.4. Objetividade.	0,80
2.5. Precisão e coerência.	1,00
2.6. Sequência lógica.	1,00
2.7. Uso adequado da língua.	1,00
2.8. Uso de analogias nas explicações.	0,80
<b>Canal</b>	
3.1. Acessibilidade.	0,55
3.2. Avaliação.	0,95
3.3. Design.	0,95
3.4. Interatividade.	0,95
3.5. Simplicidade.	1,00

3.6. Transmídiaalidade.	1,00
<b>Receptor</b>	
4.1. Alcance.	0,65
4.2. Nível de conhecimento prévio.	0,90
4.3. Relevância.	0,85
<b>Efeito</b>	
5.1. Atualizado e informativo.	0,95
5.2. Compreensão pública.	0,85
5.3. Desmistificação do cientificismo.	0,80
5.4. Impressão positiva.	0,95
5.5. Engajamento.	0,60
5.6. Abordagem realista.	0,95
5.7. Indução ao feedback.	0,25

Quadro 27: Valores das médias *fuzzy* dos graus de atendimento dos critérios de acordo com a opinião dos usuários do Instagram do IEN.

<b>Dimensões</b>	<b>Graus de atendimento</b>
Emissor	0,85
Mensagem	0,90
Canal	0,89
Receptor	0,80
Efeito	0,76

Quadro 28: Valores dos graus de atendimento do Instagram do IEN ao padrão de divulgação científica.

Consideramos como satisfatórios os graus de atendimento que apresentaram valores maiores que 0,8, indicando um atendimento superior a 80% às dimensões do padrão de divulgação científica da plataforma analisada. Isso corresponde a um corte- $\alpha$  robusto (*strong  $\alpha$ -cut*), com  $\alpha = 0,8$ . Essa determinação se baseia na relação estabelecida com o conjunto de termos linguísticos e funções de pertinência (Figura 15 e Quadro 14) empregados para avaliar os graus de atendimento dos critérios no Instagram do IEN. Entende-se que um valor superior a 0,8



reflete uma adesão satisfatória aos critérios estabelecidos para a divulgação científica na plataforma.

A Figura 18 apresenta graficamente os graus de atendimento da divulgação científica no Instagram do IEN ao padrão de divulgação científica.

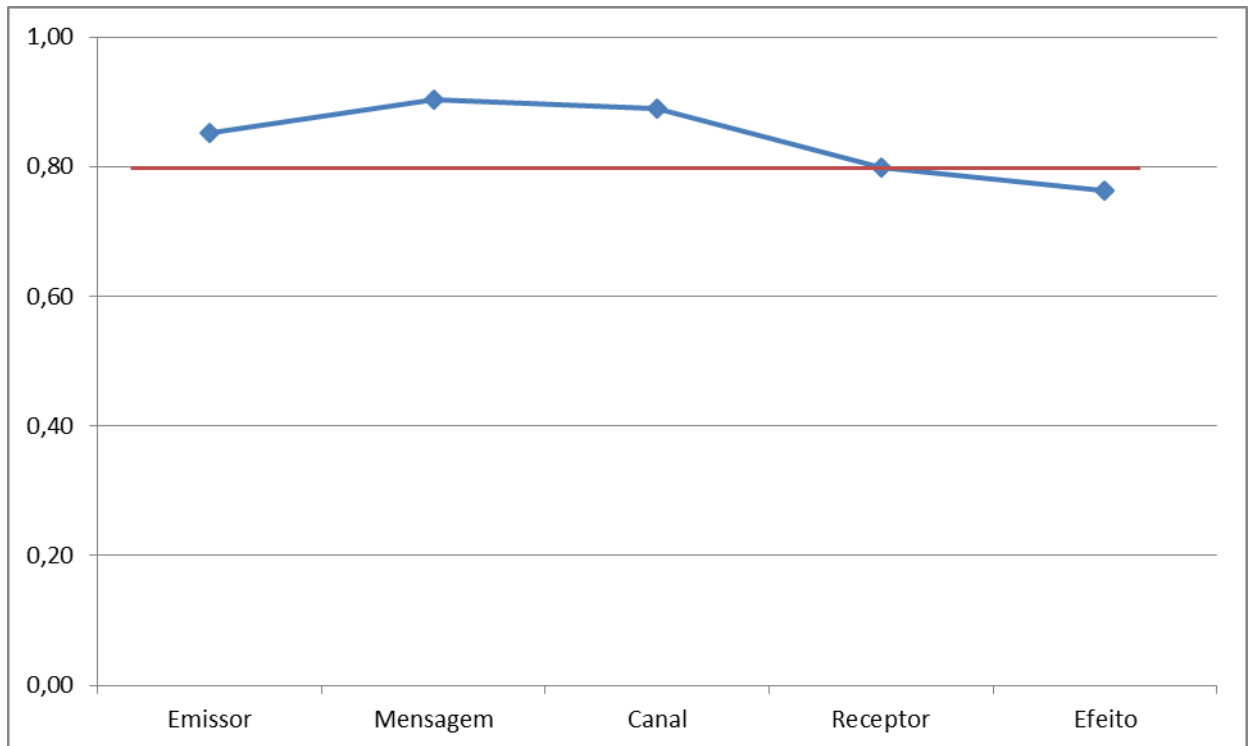


Figura 18: Representação gráfica dos graus de atendimento da divulgação científica no Instagram do IEN ao padrão de divulgação científica.

Como podemos observar, no Quadro 28 e na Figura 18, que os graus de atendimento da divulgação científica no Instagram do IEN apresentaram valores superiores a 0,8 para as dimensões “Emissor”, “Mensagem” e “Canal”. A dimensão “Receptor” está com o valor aproximado de 0,8, e a dimensão “Efeito”, está abaixo de 0,8. Desta forma, pode-se concluir que para as dimensões “Receptor” e “Efeito”, a divulgação científica no Instagram do IEN não está dentro do padrão de divulgação científica estabelecido para o perfil do IEN desta plataforma.

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O último capítulo deste estudo proporciona as conclusões alcançadas e esboça sugestões para direcionamentos futuros de pesquisa. As conclusões foram elaboradas com o propósito de evidenciar as contribuições e a validação desta dissertação, contemplando os objetivos planejados e o progresso consistente do trabalho conduzido. Este desfecho oferece uma síntese reflexiva, amparada em análises, que corrobora a relevância e a solidez da presente investigação, ao mesmo tempo em que descreve possíveis trilhas a serem exploradas em estudos subsequentes.

### 6.1 CONCLUSÕES

Utilizou-se, para realizar o objetivo desta dissertação, a teoria *fuzzy* para estabelecer um método de avaliação da comunicação de conteúdos de ciência e tecnologias nucleares para o público geral. Este método baseia-se em critérios norteadores definidos de acordo com cinco dimensões: Emissor, Mensagem, Canal, Receptor e Efeito.

A utilização da lógica *fuzzy* e sua aplicação nos conjuntos *fuzzy* permitiu tratar medidas subjetivas com uma fundamentação matemática sólida, baseando-se nas opiniões pessoais de especialistas e usuários que participaram desta pesquisa. Além disso, a abordagem *fuzzy* tornou o método prático e objetivo, facilitando sua aplicação e garantindo maior precisão na avaliação das percepções subjetivas. Este processo não só conferiu rigor matemático à análise, como também assegurou a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos, destacando a eficácia do método empregado.

Neste método de avaliação, foi inicialmente elaborada uma estrutura de critérios com enfoque em cinco dimensões, destinada a servir como referência para a avaliação da divulgação científica nuclear. Dessa forma, a principal contribuição desta etapa é fornecer às instituições que divulgam conteúdos de ciência e tecnologia nucleares para o público geral uma estrutura de critérios, que aborda cinco dimensões da comunicação, facilitando uma avaliação completa da divulgação científica. No entanto, é importante destacar que, com o tempo, essa estrutura deve ser atualizada para incorporar novas abordagens, garantindo sua eficácia e relevância contínuas.

Na segunda etapa do método, foi proposto um padrão de divulgação científica para servir de base de referência para avaliações em redes sociais. Esta etapa apresenta diversas contribuições significativas. Primeiramente, destaca-se a utilização do grau de importância do especialista na área de interesse por meio de um questionário de coleta de dados. Esses graus de importância não apenas ajudaram a avaliar e selecionar o grupo de especialistas que participaram da avaliação dos critérios, mas também permitiram refinar o padrão de divulgação científica em função da seleção dos especialistas. Além disso, a adoção de números *fuzzy* triangulares (funções de pertinência) para representar cada critério das dimensões para a divulgação científica é uma contribuição significativa. Essa abordagem permite uma representação mais precisa e flexível dos critérios, levando em conta sua natureza subjetiva e variável.

Outro fato importante é a incorporação do conceito de similaridade em tomadas de decisão, na contabilização dos julgamentos dos especialistas. Esse método garante que o resultado da avaliação se incline para o maior grau de consenso, em vez de se concentrar em uma tendência central. Assim, quando um especialista diverge totalmente dos demais, seu estado de concordância em relação aos demais será nulo, e seu julgamento será automaticamente ignorado pelo método.

O critério "Comunicabilidade", pertencente à dimensão "Mensagem", recebeu a avaliação máxima (MI) de todos os especialistas, destacando-se como o critério com o maior valor obtido. Esse resultado sublinha a importância crucial, na divulgação científica, de comunicar a mensagem de maneira compreensível para o público-alvo. É essencial evitar o uso excessivo de termos técnicos e optar por uma linguagem acessível e clara. Isso assegura que as informações científicas sejam efetivamente compreendidas pelo público, promovendo um maior engajamento e entendimento dos conteúdos apresentados.

Os resultados da aplicação do método na divulgação científica no perfil do Instagram do IEN revelaram que o método possibilitou a identificação de graus de atendimento para as dimensões "Emissor", "Mensagem" e "Canal" que excederam o nível de aceitação especificado neste trabalho, estabelecido em 0,8. Isso indica que as estratégias de comunicação implementadas atendem os padrões estabelecidos para essas dimensões. No entanto, é importante ressaltar que a dimensão Efeito foi avaliada abaixo desse corte, indicando a necessidade de atenção específica nessa área. É importante observar que a dimensão "Efeito" desempenha um papel crucial na avaliação da eficácia da divulgação científica, uma vez que reflete o impacto e a repercussão dos conteúdos transmitidos.

A dimensão Receptor apresentou um valor aproximado de 0,8. Essa proximidade com o corte- $\alpha$  estabelecido é um sinal de alerta, indicando que há margem para melhorias na comunicação científica com o público-alvo. É essencial que sejam identificados e implementados ajustes para garantir uma maior efetividade dos critérios dessa dimensão.

Dentre os critérios avaliados na dimensão Efeito, o "Indução ao feedback" obteve a pontuação mais baixa. No entanto, é crucial destacar a relevância desse critério, pois a capacidade de gerar interação e retorno por parte do público é essencial para o aprimoramento contínuo da divulgação científica. Através do feedback, é possível entender as necessidades e interesses do público, além de fortalecer o engajamento e a confiança na divulgação de conteúdos científicos.

Da mesma forma, o critério "Acessibilidade" da dimensão "Canal" também obteve uma pontuação baixa. Apesar da dimensão "Canal" estar com uma nota satisfatória – acima do corte- $\alpha$ , é fundamental reconhecer a importância desse critério, uma vez que a acessibilidade dos canais de comunicação é determinante para garantir que os conteúdos científicos sejam alcançados por um público mais amplo e diversificado. Uma abordagem inclusiva e acessível contribui para democratizar o acesso ao conhecimento científico, promovendo a participação de diferentes grupos e ampliando o impacto da divulgação.

É relevante mencionar que o método, embora inicialmente utilizado em uma rede social, possui uma flexibilidade para adaptação que permite sua aplicação em uma variedade de contextos. Essa característica torna possível expandir seu uso além do ambiente virtual, aproveitando seu potencial em cenários presenciais, como em museus e outros espaços dedicados à divulgação científica.

A capacidade do método em identificar deficiências e qualidades em uma divulgação científica proporciona uma base para orientação de estratégias que promovem a democratização do conhecimento científico e o diálogo mais acessível sobre questões nucleares. Como ficou demonstrado, após a análise dos resultados obtidos com a aplicação do método, esta abordagem se configura como uma ferramenta excepcional na avaliação da divulgação científica. O desenvolvimento desse recurso implica em um avanço que fortalece não apenas a interação entre a comunidade científica e o público em geral, mas também estimula um maior engajamento com temas nucleares - e outros temas científicos complexos - importantes para o futuro global.

## 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, podemos apontar:

1. Aplicação deste método em todas as redes sociais do IEN para avaliar os índices de divulgação científica e, conseqüentemente, alinhar as estratégias de divulgação científica às estratégias e objetivos do instituto;
2. Desenvolvimento de um software para automatizar a utilização do método, tornando uma ferramenta inteligente de fácil utilização.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. Edital de divulgação da terceira edição da competição embaixadores nucleares. Edital nº s/n, 2022.

ALBAGLI, S. Divulgação Científica: informação científica para a cidadania?. *Ciencia da Informacao*, Brasilia, v.25, n.3, p.396-404, set./dez. 1996. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>>. Acesso em: 2 mar. 2023.

ARANHA, C. P.; SOUSA, R. C. de; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; ROCHA, J. R.; SILVA, A. F. G. O YouTube como Ferramenta Educativa para o ensino de ciências. *Olhares & Trilhas*, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 10–25, 2019.

ARAÚJO, D. M. de; SILVA, R. R. da; GOMES, V. B. Análise de Textos de Divulgação Científica Visando sua Possível Utilização no Ensino de Ciências. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 8, n. 3, p. 67-81, 2022.

BARBOSA, A. R. Divulgação científica na internet: criatividade e (re)produção didática no trabalho de ‘criadores de conteúdo online’ de física para youtube e tiktok. 2023. 274 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023.

BARROS, L. C. de; BASSANEZI, R. C. Tópicos de logica fuzzy e biomatemática. Campinas, SP: UNICAMP/IMECC, 2006. v.5.

BASTOS, A. Comunicação da Ciência para o Engajamento Público no Reino Unido. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. 2015. p. 1-14.

BAPTISTA, I. Y. F. O Modelo de Lasswell Aplicado à História das Teorias da Comunicação. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 191–196, dez. 2017.

BERGAMASCHI, C. L.; AMARAL, S. R. do; ALENCAR, I. De C. C. de. Instrumento para análise, avaliação e validação de materiais de divulgação científica. Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

BERTOLDI, A. Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual?. Revista Brasileira de Educação, v. 25, p. e250036, 2020.

BERTOLINI, C.; CUNHA, G. B. da; FORTES, P. R. Lógica Matemática. 1. ed. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM, 2017.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Embaixadores Nucleares edição 2022. [S.I]: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 02 set. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/embaixadores-nucleares-edicao-2022>

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BUENO, W. C. Jornalismo Científico: Conceito e Funções. Ciência e Cultura (SBPC), São Paulo, v. 37, n.09, p. 1420-1427, 1985.

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. Revista Informação & Informação. Londrina, v. 15, n. esp, p. 1 -12, 2010.

BURNS, T.W; O'CONNOR, D. J.; STOCKLMAYER, S. M. Science communication: a contemporary definition. Public Understanding of Science, v. 12, n. 2, p. 183-202, 2003.

CARIBÉ, R. C. V. Comunicação científica para o público leigo no Brasil. 2011. 320. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, UnB, Brasília, 2011.

CARVALHO, B. S. de; MACHADO, T. B. A Representação da Energia Nuclear na Cultura Pop. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação 42º Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Belém, p. 1-15, set. 2019.

CARVALHO, R. L. V. R. Harold Lasswell e o campo da comunicação. 2012. 244. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

COPI, I. M. Introdução a lógica. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Mestre Jou, 1978.

COSENZA, C. A. N. An Industrial Location Model. Working Paper. Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge: Cambridge University: 1981.

CHAMOVITZ, I.; COSENZA, C. A. N. Lógica Fuzzy: Alternativa viável para projetos complexos no Rio de Janeiro. In: XIV PROFUNDÃO, Rio de Janeiro, 2010.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, n. 22, p. 89–100, jan. 2003.

DANTAS, L. F. S.; DECCACHE-MAIA, E. Scientific dissemination in the fight against fake news in the covid-19 times. Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, e797974776, jun. 2020.

DELGADO, M., VERDEGAY, J. L; VILA, M. A. “On aggregation operations of linguistic labels”. International Journal of Intelligent Systems, v. 8, pp. 351-370, 1993.

DUTRA, F. G.; BARBOSA, R. R. Modelos e critérios para avaliação da qualidade de fontes de informação: uma revisão sistemática de literatura. Informação & Sociedade, [S. l.], v. 27, n. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/ies/article/view/32676>. Acesso em: 07 jul. 2023.

FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. 17ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GADOTTI, M. Mova, por um Brasil alfabetizado. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2008. Disponível em: <<https://acervo.paulofreire.org/handle/7891/3084>>. Acesso em: 23 maio 2023.

GARVEY, W. D. Communication: the essence of science. USA: Pergamon Press, 1979.



GOMES, V. B.; SILVA, R. R. de; MACHADO, P. F. L. Elaboração de textos de divulgação científica e sua avaliação por alunos de Licenciatura em Química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 387-403, 2016.

GOMES, V.; SANTOS, A. C. Perspectivas da alfabetização e letramento científico no Brasil: levantamento bibliométrico e opinião de profissionais da educação do ensino fundamental I. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 14, n. 5, p. 1-18, maio 2018.

GOMIDE, F. A. C. ; GUDWIN, R. R. ; TANSCHKEIT, R. . Conceitos Fundamentais da Teoria de Conjuntos Fuzzy e Aplicações. In: 6th International Fuzzy Systems Association World Congress - IFSA'95, São Paulo, 1995. v. 1.

GONÇALVES, A. P. Aplicação de Lógica Fuzzy em Guerra Eletrônica. In: Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa, São Jose Dos Campos. 2007.

GRECCO, C. H. S.; SANTOS, I. J. A. L.; CARVALHO, P. V. R.; OLIVEIRA, M. V.; MOL, A. C. A. Human factors questionnaire as a tool for risk assessment. In: International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2009, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

GRECCO, C. H. S. Avaliação da Resiliência em organizações que lidam com tecnologias perigosas: o caso da expedição de radiofarmacos. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2012.

GRECCO, C. H. S.; VIDAL, M. C. R.; COSENZA, C. A. N.; SANTOS, I. J. A. L.; CARVALHO, P. V. R. “Safety culture assessment: A fuzzy model for improving safety performance in a radioactive installation” *Progress in Nuclear Energy (New Series)*, v. 70, pp. 71-83, 2014.

HANSEN, G. L.; MACHADO, L. A. A. Opinião pública sobre energia nuclear enquanto sistema perito nas sociedades de risco da modernidade. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p. 1-23, set. 2018.

HSU, H. M.; CHEN, C. T. “Aggregation of fuzzy opinions under group decision making”. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 79, pp. 279-285, 1996.

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR. Histórico. Rio de Janeiro: IEN, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/ien/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historico>. Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR. Relatório de Atividades IEN 2015/2020. Rio de Janeiro: IEN, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/ien/pt-br/aceso-a-informacao/relatorio-de-atividades>. Acesso em: 14 jun. 2023.

JOUBERT, C. L. Como me torno um ‘especialista’ em mídia?. In: MASSARANI, L. et al. Guia de divulgação científica. Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF: Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004.

KLEIMAN, A. B. Os significados do letramento: uma nova perspectiva sobre prática social da escrita. Campinas, SP: Mercado de Letras, 1995.

KLIR, G. J.; YUAN, B. Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.

KOSKO, B. Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992.

KUNCHEVA, L. I.; KRISHNAPURAM, R. A fuzzy consensus aggregation operator, Fuzzy Sets and Systems, v. 79, n. 3, p. 347-356, 1996.

LEE, H. M. “Group decision making using fuzzy theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development”. Fuzzy Sets and Systems, v. 80, p. 261-271, 1996.

LEWENSTEIN, B. V. Models of public communication of science and technology. [S.I.] Ithaca, p. 01-11, jun. 2003.

LIANG, G. S.; WANG, M. J. “A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection”. Int. J. Prod. Res., v. 29, n. 11, p. 2313-2330, 1991.

LIMA, L. C. S. R. Jornalismo científico: análise da Superinteressante e suas tendências atuais. Revista Eletrônica Temática, João Pessoa, ano 4, n. 4, abr. 2008.

MACHADO, T. B. Aceitação da energia nuclear por parte da opinião pública no Brasil. 2021. 233 f. Tese (Doutorado) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

MASSARANI, L. A Divulgação Científica no Rio de Janeiro: algumas reflexões sobre a década de 20. 1998. 178p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ciência da Informação, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 1998.

MATTOZO, V. A.; CAMARGO, C. C. B.; LAGE, N. L. . Jornalismo científico aplicado à área de energia no contexto do desenvolvimento sustentável. Ciência da Informação , Brasília, DF, v. 33, n.1, p. 101-107, 2004.

MARTINO, J. P. Technological Forecasting for Decision Making. New York: Elsevier, 1983.

MEADOWS, A. J. A comunicação científica. Tradução: Antonio A. B. de Lemos. Brasília: Briquet de Lemos Livros, 1999.

MENDONÇA, A. P. B.; NETO, A. P. Critérios de avaliação da qualidade da informação em sites de saúde: uma proposta. Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde, [S. l.], v. 9, n. 1, 2015. DOI: 10.29397/reciis.v9i1.930. Disponível em: <https://www.recis.iciet.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/930>. Acesso em: 07 jul. 2023.

MORTARI, C. A. Introdução à lógica. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2001. v. 1. 394p.

MESSEDER NETO, H. S. . . A divulgação científica em tempos de obscurantismo e de fake news: contribuições histórico-críticas. In: Marcelo Borges Rocha; , Roberto Dalmo. (Org.). Divulgação científica: textos e contextos. 1ed.São Paulo: Livraria da Física, 2019, v. 1, p. 13-23.

OLIVEIRA JR., H. M. Lógica Difusa – Aspectos Práticos e Aplicações. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1999.

ORTEGA, P. M. Jornalismo transmídia e divulgação científica: possibilidades e experiências. 2022. 162 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

PATTANAPHANCHAI, J.; O'HARA, K.; HALL, W. Trustworthiness criteria for supporting users to assess the credibility of web information. In: Proceedings of the 22nd international conference on world wide web. 2013. p. 1123-1130.

PINTO, P. J. F. Modelo fuzzy para priorização de variáveis qualitativas de desempenho: uma abordagem em construção naval. 2019. 119 p. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2019.

PORTO, C.M. (org.). Difusão e cultura científica: alguns recortes [online]. Salvador: EDUFBA, 2009.

REALE, M. V.; MARTYNIUK, V. L. Divulgação Científica no Youtube: a construção de sentido de pesquisadores nerds comunicando ciência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO. 2016. p. 1-15.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica. In: ATAS do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru, SP. p. 1-13.

RODRIGUES, P. V.; AMORIM NETO, D. P. Divulgação científica através do Instagram: uma ação extensionista desenvolvida no Instituto Federal do Rondônia. Revista Em Extensão, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 151–162, 2022.

ROSS, T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. Second Edition. England: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

RUBLESCKI, A. Jornalismo científico: problemas recorrentes e novas perspectivas. PontodeAcesso, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 407–427, dez. 2009.

SÁ, M. A. B. de. Análise filosófica dos elementos da comunicação. Revista de Comunicação Social, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 14-23, 1974.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANTEE, N. R.; TEMER, A. C. R. P. A Linguística de Roman Jakobson: Contribuições para o Estudo da Comunicação. UNOPAR Científica Ciências Humanas e da Educação, Londrina, v. 12, n. 1, jun. 2011.

SANTOS, I. J. A. L.; GRECCO, C. H. S.; MOL, A. C. A.; CARVALHO, P. V. R. “The use of questionnaire and virtual reality in the verification of the human factors issues in the design of nuclear control desk”. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 39, p. 159-166, 2009.

SEABRA, J. de A. Aplicação da Lógica Fuzzy para avaliação do nível de resiliência de unidades de saúde utilizando o espectro amarelo do Protocolo de Manchester. 2021. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SILVA, M. A. da. Aplicação de Lógica Nebulosa para Previsão do Risco de Escorregamentos de Taludes em Solo Residual. 2008. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SOARES, M. Letramento, um tema em três gêneros. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.

SOUSA, J. P. Elementos de Teoria e Pesquisa da Comunicação e dos Media. 2ª edição. Porto: UFP, 2006.

SOUZA, G. M. da S.; SILVA, I. P. da. A importância da avaliação de matérias on-line de divulgação científica em tempos de fake news: análise de uma experiência com os residentes

de física da universidade federal de Alagoas, campus Arapiraca. Revista Panorâmica online, v. 33, 2021.

SOUZA, J. T. V. de. Uso da lógica fuzzy para desenvolvimento de um método para a gestão do conhecimento nuclear: aplicação no laboratório de interfaces humano-sistema (labihs) do instituto de engenharia nuclear. 2021. 107 fl. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares, Instituto de Engenharia Nuclear, Rio de Janeiro, 2021.

TAKAHASHI, L. C.; TAVEIRA N. F.; CORREA B. B. G. Divulgação de tecnologias nucleares para a sociedade. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, e19010414000, p. 1-19, abril. 2021.

TANAKA, K. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications. New York: Springer-Verlag New York Inc., 1997.

TARGINO, M. G; TORRES, N. H. Comunicação científica além da ciência. Ação Midiática, Curitiba, n. 7, p. 1-12, 2014.

TÔZO, C. O. Wilson da Costa Bueno? O jornalismo científico ontem e hoje. Revista Alterjor, São Paulo, v. 26, p. 151-157, dez. 2022.

TUROFF, M.; LINSTONE, H. A. The Delphi Method – Techniques and Applications (Eds.). London, UK: Addison-Wesley, 2002.

VALENTIM, A. P. S.; ORRICO, E. G. D.; SILVA, E. P. da. Memória e discurso de divulgação científica em mídias contemporâneas: Um olhar sobre a Cultura da Convergência. P2P E INOVAÇÃO, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 88–111, 2021. DOI: 10.21721/p2p.2021v7n2.p88-111. Disponível em: <https://revista.ibict.br/p2p/article/view/5638>. Acesso em: 21 out. 2023.

VALERIO, P. M.; PINHEIRO, L. V. R. Da comunicação científica à divulgação. Transinformação, Campinas v. 20, p. 159-169, maio/ago. 2008.

VIEIRA, C. L. Pequeno manual de divulgação científica: Um resumo. In: MASSARANI, L. et al. Guia de divulgação científica. Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF : Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004.

VOGT, C.; CERQUEIRA, N.; KANASHIRO, M. Divulgação e cultura científica. ComCiência, Campinas, n.100, 0-0, 2008.

WANG, L. X. A Course in Fuzzy Systems and Control. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International, 1996.

WOLF, M. Teorias da comunicação. Tradução: Maria J. V. de Figueiredo. 5º ed.. Lisboa: Presença, 1985.

WROBEL, P. Como faço para editar um artigo de ciência?. In: MASSARANI, L. et al. Guia de divulgação científica. Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF : Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004.

YAGER, R. R. “Simultaneous solution of fuzzy models: an application to economic equilibrium analysis”. Fuzzy Sets and Systems, v. 115, p. 339 – 349, 2000.

YAGER, R. R.; FILEV, D. P. “On the issue of defuzzification and selection based on a fuzzy set”. Fuzzy Sets and Systems, v. 55, p. 255 – 272, 1993.

ZADEH, L. A. “Fuzzy Sets”. Information Control, v. 8, p. 338 -353, 1965.

ZADEH, L. A. “Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes”. IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., vol SMC-3, p. 28-44, 1973.

ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy set theory and its applications. 3a ed., USA: Kluwer Academic Publishers, 1996.

## APÊNDICES



## APÊNDICE 1

## Questionário para coleta de dados do especialista.

Avaliador:

1) Marque a melhor opção do seu grau de escolaridade.

 Doutorado - 1,0 Mestrado - 0,9 Graduação - 0,8

2) Quantos anos de experiência relacionados à pesquisa?

 até 5 - 0,4 de 6 a 12 - 0,6 de 13 a 20 - 0,8 mais de 20 - 1,0

3) Indique a quantidade de artigos, capítulos de livros ou livros publicados por você.

 nenhum - 0 até 3 - 0,5 de 4 a 10 - 0,8 maior que 10 - 1,0

4) Quantidade de participações em eventos ou congressos relacionados a divulgação científica.

 nenhuma - 0 até 3 - 0,5 de 4 a 10 - 0,8 maior que 10 - 1,0

5) Quantos projetos de divulgação científica você participou?

 nenhum - 0 de 1 a 2 - 0,5 de 3 a 4 - 0,8 mais de 4 - 1,0

6) Quantos cursos ou treinamentos em divulgação científica você concluiu?

- nenhum - 0
- de 1 a 3 - 0,5
- de 4 a 6 - 0,8
- mais de 6 - 1,0

7) Quantos anos de experiência relacionados à divulgação científica?

- até 4 - 0,2
- de 5 a 7 - 0,5
- de 8 a 10 - 0,8
- mais de 10 - 1,0

8) Como você classificaria seu entendimento relacionado à divulgação científica?

- excelente - 1,0
- bom - 0,8
- médio - 0,5
- baixo - 0,3
- nenhum - 0

9) Tem atuado como docente em alguma instituição de ensino?

- sim - 1,0
- no passado - 0,5
- nunca - 0

10) Quantos anos de experiência relacionados à docência?

- nenhum - 0
- até 5 - 0,3
- de 6 a 10 - 0,5
- de 11 a 15 - 0,8
- mais de 15 - 1,0

## APÊNDICE 2

### **Questionário para determinação do grau de importância dos critérios para avaliação da divulgação científica em redes sociais.**

O seguinte questionário faz parte de uma pesquisa e tem por objetivo determinar grau de importância dos critérios para avaliação da divulgação científica, em um contexto de comunicação, dentro das dimensões: Emissor, Mensagem, Canal, Receptor e Efeito. Estes critérios servirão, posteriormente, para avaliar a divulgação da ciência e tecnologia nucleares nas redes sociais do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN).

A qualidade da pesquisa está intrinsecamente vinculada ao nível de transparência das opiniões fornecidas pelos especialistas. Nesse contexto, o uso da lógica *fuzzy* delinea-se como instrumento fundamental para agregar essas opiniões, culminando na elaboração de uma matriz de hierarquização de critérios.

Conceda a importância devida aos critérios, seguindo a escala apresentada na tabela a seguir, a fim de promover a confiabilidade do processo de avaliação.

<b>Importância</b>	<b>Explicação</b>
<b>NI</b>	O critério apresentado <b>não é importante.</b>
<b>PI</b>	O critério apresentado <b>é pouco importante.</b>
<b>I</b>	O critério apresentado <b>é importante.</b>
<b>MI</b>	O critério apresentado <b>é muito importante.</b>

Avaliador:

Cargo/Função:

Lotação:

<b>1. Emissor:</b> Refere-se à pessoa ou entidade que envia a mensagem.	
Critérios	Importância
<b>1.1. Autoridade:</b> Avalia o reconhecimento da competência e conhecimento de uma fonte em uma área específica. É concedida por méritos acadêmicos, experiência prática ou reconhecimento pelos pares.	
<b>1.2. Credibilidade:</b> Avalia a confiança que o público tem no divulgador científico. É construída ao longo do tempo com base em experiências passadas, consistência e confiabilidade das informações fornecidas.	
<b>1.3. Didática nos comentários:</b> Refere-se à habilidade do divulgador científico em fornecer respostas, de maneira lógica e compreensível, diante dos questionamentos apresentados pelo público nos comentários de plataformas digitais.	
<b>1.4. Imparcialidade:</b> Analisa a neutralidade do divulgador científico ao apresentar informações científicas, destacando a importância de evitar qualquer viés ideológico ou interesse pessoal que possa comprometer a imparcialidade na interpretação dos dados.	
<b>1.5. Interação:</b> Enfatiza a disposição do emissor em se envolver em diálogo e interação com o público, respondendo a perguntas e fornecendo esclarecimentos adicionais de maneira receptiva, promovendo assim uma comunicação efetiva e transparente.	
<b>1.6. Tempo de resposta:</b> Avalia se o divulgador científico responde rapidamente às dúvidas e comentários do público.	
<b>2. Mensagem:</b> Refere-se à informação ou conteúdo específico que está sendo comunicado.	
Critérios	Importância
<b>2.1. Autoria:</b> Refere-se à clara identificação ao longo do conteúdo, proporcionando transparência e permitindo que o público reconheça o autor da divulgação científica.	
<b>2.2. Bibliografia disponível:</b> Avalia a presença de referências bibliográficas confiáveis na mensagem, permitindo a verificação e respaldo das informações apresentadas por meio de fontes documentadas e reconhecidas.	
<b>2.3. Comunicabilidade:</b> Analisa se a mensagem é comunicada de maneira clara e compreensível para o público-alvo, evitando o uso de jargões técnicos e adotando uma linguagem acessível.	

<b>2.4. Objetividade:</b> Enfatiza a apresentação direta e sem rodeios das informações ao público-alvo, proporcionando uma comunicação eficaz.	
<b>2.5. Precisão e coerência:</b> Avalia a exatidão e consistência da mensagem, garantindo que as informações transmitidas sejam precisas, livres de contradições e coesas.	
<b>2.6. Sequência lógica:</b> Verifica se as informações são organizadas de maneira lógica, facilitando a compreensão do público-alvo ao seguir uma sequência que favoreça o entendimento.	
<b>2.7. Uso adequado da língua:</b> Analisa se o conteúdo é elaborado sem erros relacionados à língua portuguesa, garantindo a qualidade da comunicação e evitando possíveis confusões.	
<b>2.8. Uso de analogias nas explicações:</b> Destaca a presença de analogias que aproximam conceitos científicos de fenômenos do dia-a-dia do público, facilitando a compreensão e tornando a informação mais acessível e tangível.	
<b>3. Canal:</b> Refere-se ao meio ou método utilizado para transmitir a mensagem do emissor para o receptor.	
Critérios	Importância
<b>3.1. Acessibilidade:</b> Refere-se à disponibilidade de recursos no meio de comunicação escolhido que tornam os conteúdos acessíveis a qualquer público, como por exemplo a inclusão de legendas para pessoas com perda total da audição, garantindo assim uma experiência inclusiva.	
<b>3.2. Avaliação:</b> Analisa se o meio empregado para a divulgação científica possibilita a mensuração da satisfação do público em relação ao conteúdo apresentado, permitindo a coleta de feedback e a busca por aprimoramento contínuo. Por exemplo, uma plataforma que utiliza enquetes online para avaliar a satisfação do público.	
<b>3.3. Design:</b> Avalia se os materiais desenvolvidos para a divulgação científica são visualmente agradáveis e apresentam uma estética limpa, contribuindo para uma experiência positiva e envolvente.	
<b>3.4. Interatividade:</b> Verifica se o meio que geralmente é escolhido para a divulgação científica oferece ferramentas interativas, como fóruns, chats ou comentários, promovendo a participação ativa do público e a troca de ideias.	

<b>3.5. Simplicidade:</b> Avalia se existe uma facilidade de navegação e entendimento do meio escolhido, garantindo que o conteúdo seja acessível e compreensível para um amplo espectro de público.	
<b>3.6. Transmídia:</b> Analisa se o conteúdo é postado em mais de um tipo de mídia, indicando a adaptabilidade do material a diferentes plataformas e facilitando o alcance de diversos públicos por meio de tecnologias variadas.	
<b>4. Receptor:</b> Refere-se à pessoa ou grupo destinatário da mensagem, aqueles que recebem e interpretam a comunicação.	
Critérios	Importância
<b>4.1. Alcance:</b> Refere-se à capacidade do conteúdo divulgado atingir uma quantidade significativa de pessoas, demonstrando a eficácia da fonte divulgadora em alcançar uma audiência ampla.	
<b>4.2. Nível de conhecimento prévio:</b> Revela a atenção da fonte em reconhecer o conhecimento prévio do público, assegurando uma abordagem adaptada e compreensível ao comunicar informações científicas. Isso demonstra o comprometimento da fonte em entregar um conteúdo alinhado com a audiência, considerando cuidadosamente o entendimento prévio do público para oferecer uma experiência informativa mais eficaz e acessível.	
<b>4.3. Relevância:</b> Analisa se os conteúdos transmitidos pela fonte são relevantes para o contexto em que está inserida e para o público-alvo, esclarecendo fenômenos do dia a dia e fornecendo informações que possam enriquecer a compreensão do público sobre o mundo ao seu redor e seu cotidiano.	
<b>5. Efeito:</b> Refere-se aos resultados ou impactos observados ou desejados da comunicação.	
Critérios	Importância
<b>5.1. Atualizado e informativo:</b> Avalia se os conteúdos transmitidos por esta fonte fazem com que o público-alvo fique informado e atualizado, pois devido à natureza em constante evolução da ciência, é importante que o público esteja a par das últimas descobertas e avanços no campo.	
<b>5.2. Compreensão pública:</b> Analisa se os conteúdos elaborados pela fonte explicam os princípios científicos, os processos envolvidos e os benefícios potenciais, trazendo como efeito a compreensão plena sobre assunto.	

<p><b>5.3. Desmistificação do cientificismo:</b> Analisa a capacidade da divulgação científica em desmistificar o cientificismo, promovendo uma compreensão realista da ciência e de seu papel na sociedade, incentivando o desenvolvimento do pensamento crítico do público.</p>	
<p><b>5.4. Impressão positiva:</b> Refere-se em deixar uma percepção positiva em relação aos temas científicos, criando uma conexão emocional com o público.</p>	
<p><b>5.5. Engajamento:</b> Avalia se a fonte consegue despertar o interesse e o engajamento do público em relação ao conteúdo científico apresentado.</p>	
<p><b>5.6. Abordagem realista:</b> Analisa a abordagem da fonte ao lidar com temas científicos nos quais os resultados estão distantes de serem alcançados. É fundamental que a fonte seja explícita nesse contexto, alertando o público de maneira clara e transparente, com o objetivo de prevenir expectativas ilusórias e enganosas.</p>	
<p><b>5.7. Indução ao feedback:</b> Analisa se a fonte promove a indução ativa do público para realizar feedback, incentivando a participação e a contribuição do público na construção de uma melhor divulgação científica.</p>	

### APÊNDICE 3

#### Questionário para avaliação da divulgação científica nas redes sociais do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN).

Este questionário integra uma pesquisa que visa, por meio de critérios elaborados, avaliar, dentro de um contexto de comunicação, a divulgação científica nas redes sociais do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). O questionário é puramente científico e a qualidade da pesquisa depende da transparência das opiniões fornecidas. Utilizaremos uma abordagem matemática, empregando lógica *fuzzy*, para agregar essas opiniões e fornecer um indicativo da qualidade da divulgação científica nas redes sociais do IEN. As perguntas abordam a percepção da divulgação de conteúdos científicos nucleares dentro das dimensões da comunicação. Solicitamos que indique o seu grau de concordância ou discordância em cada uma delas, de acordo com termos abaixo.

<b>DT</b>	<b>Discordo totalmente</b>
<b>DP</b>	<b>Discordo parcialmente</b>
<b>NCND</b>	<b>Não concordo, nem discordo</b>
<b>CP</b>	<b>Concordo parcialmente</b>
<b>CT</b>	<b>Concordo totalmente</b>

Avaliador:

Cargo/Função:

Setor:



<b>1. Emissor:</b> Refere-se à pessoa ou entidade que envia a mensagem.	
Critérios	Concordância
<b>1.1. Autoridade:</b> A fonte é reconhecida por sua qualificação no assunto estabelecendo-a como uma figura de autoridade.	
<b>1.2. Credibilidade:</b> A reputação da fonte é respeitável, solidificando, assim, a confiança nas informações veiculadas.	
<b>1.3. Didática nos comentários:</b> A fonte divulgadora proporciona respostas compreensíveis aos questionamentos do público, visando assegurar a clareza e entendimento nos comentários da plataforma.	
<b>1.4. Imparcialidade:</b> A fonte apresenta o conteúdo científico de maneira imparcial, evitando viés ideológico ou interesse pessoal que possa influenciar a interpretação dos dados.	
<b>1.5. Interação:</b> O emissor costuma responder as perguntas e fornecer esclarecimentos sobre a informação apresentada, demonstrando uma postura receptiva ao diálogo e à interação com o público.	
<b>1.6. Tempo de resposta:</b> As dúvidas e comentários do público são respondidas em tempo ágil.	
<b>2. Mensagem:</b> Refere-se à informação ou conteúdo específico que está sendo comunicado.	
Critérios	Concordância
<b>2.1. Autoria:</b> É facilmente observado o autor/fonte/divulgador das informações ao longo dos conteúdos.	
<b>2.2. Bibliografia disponível:</b> As mensagens incluem referências bibliográficas confiáveis que podem ser verificadas para respaldar as informações apresentadas.	
<b>2.3. Comunicabilidade:</b> As mensagens são claras e compreensíveis para o público-alvo, ou seja, faz uso de uma linguagem acessível evitando jargões técnicos.	
<b>2.4. Objetividade:</b> As informações costumam ser apresentadas de forma objetiva para o público-alvo.	
<b>2.5. Precisão e coerência:</b> As mensagens transmitidas por esta fonte são precisas, consistentes e livres de contradições.	
<b>2.6. Sequência lógica:</b> As informações são apresentadas em uma sequência que favorece o entendimento do público.	

<b>2.7. Uso adequado da língua:</b> Os conteúdos são elaborados sem erros relacionados a língua portuguesa.	
<b>2.8. Uso de analogias nas explicações:</b> As mensagens costumam estar com analogias que aproximam os conceitos científicos de fenômenos do dia-a-dia do público.	
<b>3. Canal:</b> Refere-se ao meio ou método utilizado para transmitir a mensagem do emissor para o receptor.	
Critérios	Concordância
<b>3.1. Acessibilidade:</b> O meio escolhido disponibiliza recursos que fazem com que os conteúdos sejam acessíveis para qualquer público. Exemplo: legendas para uma pessoa com perda total da audição.	
<b>3.2. Avaliação:</b> O meio de comunicação escolhido permite avaliar a satisfação do público quanto ao conteúdo transmitido. Isso significa que a plataforma escolhida incorpora recursos, como um sistema de enquetes online, que possibilita aos espectadores expressar sua satisfação em relação à divulgação científica, ou qualquer outro mecanismo que permita a avaliação.	
<b>3.3. Design:</b> Os materiais desenvolvidos para a divulgação científica são graficamente agradáveis e limpos.	
<b>3.4. Interatividade:</b> O meio para a divulgação científica possui ferramentas interativas (fórum, chat ou comentários).	
<b>3.5. Simplicidade:</b> O meio é de fácil navegação e entendimento.	
<b>3.6. Transmídiaalidade:</b> Os conteúdos que costumam ser transmitidos podem ser adaptados para mais de um tipo de mídia ou plataforma.	
<b>4. Receptor:</b> Refere-se à pessoa ou grupo destinatário da mensagem, aqueles que recebem e interpretam a comunicação.	
Critérios	Concordância
<b>4.1. Alcance:</b> Os conteúdos divulgados atingem uma quantidade considerável de pessoas.	
<b>4.2. Nível de conhecimento prévio:</b> A fonte divulgadora considera o nível de conhecimento prévio do público ao transmitir o conteúdo científico.	

<p><b>4.3. Relevância:</b> Os conteúdos transmitidos por esta fonte costumam esclarecer fenômenos do dia a dia, fornecendo informações que possam enriquecer a compreensão do público sobre o mundo ao seu redor.</p>	
<p><b>5. Efeito:</b> Refere-se aos resultados ou impactos observados ou desejados da comunicação.</p>	
<p style="text-align: center;">Critérios</p>	<p style="text-align: center;">Concordância</p>
<p><b>5.1. Atualizado e informativo:</b> Os conteúdos transmitidos por esta fonte são atuais e fazem com que o público-alvo fique informado e atualizado sobre temas da engenharia nuclear.</p>	
<p><b>5.2. Compreensão pública:</b> Os conteúdos costumam explicar os princípios da engenharia nuclear, os processos envolvidos e os benefícios potenciais.</p>	
<p><b>5.3. Desmistificação do cientificismo:</b> O conteúdo transmitido por esta fonte contribui para desmistificar o cientificismo, promovendo uma compreensão realista da ciência e de seu papel na sociedade, incentivando o desenvolvimento do pensamento crítico do público.</p>	
<p><b>5.4. Impressão positiva:</b> Cativa a audiência de maneira emocional e positiva em relação aos temas nucleares.</p>	
<p><b>5.5. Engajamento:</b> São despertados o interesse e o engajamento do público em relação ao conteúdo científico apresentado.</p>	
<p><b>5.6. Abordagem realista:</b> Quando é o caso, a fonte divulgadora deixa claro que os resultados apresentados estão longe de serem alcançados. Desta forma, faz com que o público evite de criar expectativas ilusórias e enganosas.</p>	
<p><b>5.7. Indução ao feedback:</b> O público é induzido a realizar feedback.</p>	