

**SISTEMA “FUZZY” DE GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMAS EM PROJETOS  
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

*FUZZY LOGIC-BASED SCHEDULE MANAGEMENT SYSTEM FOR POWER  
DISTRIBUTION PROJECTS*

**ELLEN CRISTINA CRUZ DE SOUZA**  
USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ENISE ARAGÃO DOS SANTOS**  
PECEGE- ESALQ/USP

## **SISTEMA “FUZZY” DE GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMAS EM PROJETOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **Objetivo do estudo**

Este estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia baseada em inteligência artificial para otimizar o gerenciamento de cronogramas em projetos de distribuição de energia elétrica, priorizando projetos com base em dimensão e prazo, e alocando colaboradores de forma eficiente.

### **Relevância/originalidade**

A complexidade das demandas em projetos de distribuição de energia requer abordagens inovadoras para garantir a qualidade e a entrega pontual. A metodologia "fuzzy" oferece uma solução eficaz, integrando atributos de priorização e alocação de recursos em um ambiente de múltiplas variáveis.

### **Metodologia/abordagem**

Utilizando a lógica "fuzzy" e uma ferramenta em Python, desenvolvemos uma metodologia que combina a priorização de projetos com a alocação de colaboradores. A ferramenta estima a prioridade com base em dimensão e prazo, identificando colaboradores com alta eficiência para projetos prioritários.

### **Principais resultados**

A metodologia proporciona uma priorização objetiva e automatizada, melhorando a eficácia do planejamento e monitoramento de cronogramas. Os resultados mostram que a abordagem "fuzzy" otimiza a tomada de decisões dos gerentes de projetos e garante o cumprimento de prazos.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Este estudo contribui ao introduzir uma abordagem inovadora de gerenciamento de cronogramas que integra lógica "fuzzy", priorização e alocação eficiente de colaboradores. A metodologia oferece uma base sólida para otimizar processos de planejamento e tomada de decisões.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

A implementação desta metodologia pode reduzir multas por quebras contratuais e assegurar entregas pontuais e com qualidade em projetos de distribuição de energia elétrica. Isso fortalece a gestão de projetos e contribui para a eficiência operacional e satisfação do cliente.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projetos, Cronograma, Lógica Fuzzy, Distribuição de Energia Elétrica

## *FUZZY LOGIC-BASED SCHEDULE MANAGEMENT SYSTEM FOR POWER DISTRIBUTION PROJECTS*

### **Study purpose**

This study aims to develop an artificial intelligence-based methodology to optimize schedule management in electric distribution projects, prioritizing projects based on size and deadline, and efficiently allocating resources.

### **Relevance / originality**

The increasing complexity of energy distribution projects demands innovative approaches to ensure quality and timely delivery. The fuzzy methodology offers an effective solution, integrating prioritization and resource allocation in a multi-variable environment.

### **Methodology / approach**

Utilizing fuzzy logic and a Python tool, we develop a methodology that combines project prioritization with efficient resource allocation. The tool estimates priority based on size and deadline, identifying highly efficient contributors for priority projects.

### **Main results**

The methodology provides objective and automated prioritization, enhancing the planning and monitoring of schedules. Results demonstrate that the fuzzy approach optimizes project managers' decision-making and ensures deadline compliance.

### **Theoretical / methodological contributions**

This study contributes by introducing an innovative schedule management approach that integrates fuzzy logic, prioritization, and efficient resource allocation. The methodology offers a solid foundation for optimizing planning and decision-making processes.

### **Social / management contributions**

Implementation of this methodology can reduce penalties for contractual breaches and ensure timely, quality deliveries in electric distribution projects. This strengthens project management and contributes to operational efficiency and customer satisfaction.

**Keywords:** Project Management, Schedule, Fuzzy Logic, Power Distribution

## **SISTEMA “FUZZY” DE GERENCIAMENTO DE CRONOGRAMAS EM PROJETOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **1 Introdução**

A gestão de projetos é uma prática fundamental em diversos setores empresariais, destinada a enfrentar as contínuas mudanças nos planos e operações organizacionais. A importância dessa abordagem não é uma novidade, sendo ressaltada pelo guia PMBOK do PMI (2017), que evidencia o surgimento do gerenciamento de projetos com o intuito de integrar processos e garantir a execução eficaz e eficiente dos empreendimentos. Entre os objetivos primordiais dessa disciplina, destacam-se a identificação de desafios, o gerenciamento proativo de riscos e a otimização dos recursos, além da entrega pontual dos resultados apropriados, o que amplia a probabilidade de êxito nos projetos.

Nesse contexto, a administração do cronograma emerge como uma das áreas de conhecimento de maior relevância no gerenciamento de projetos, pois engloba os procedimentos necessários para assegurar o cumprimento preciso do prazo do projeto (Project Management Institute, 2017). O gerenciamento de cronogramas em projetos de menor porte representa um aspecto vital que demanda atenção meticulosa a detalhes como a definição, sequenciamento e estimativa das durações das atividades, bem como a formulação do próprio cronograma. Entretanto, mesmo em modelos de cronogramas mais simplificados, projetos de menor escala frequentemente se deparam com problemas de atraso devido a planejamentos deficientes e à falta de supervisão e controle (Machado et al., 2022). Portanto, o manejo inadequado das durações das atividades e a ausência de atribuição precisa dos colaboradores responsáveis por cada tarefa podem afetar diretamente o cumprimento dos prazos projetados.

Além disso, organizações que enfrentam uma elevada demanda de projetos encaram o desafio de priorizar a sequência deles. Muitas vezes, maior ênfase é conferida a projetos de grande envergadura em detrimento dos de menor dimensão. No entanto, o acúmulo de projetos mais modestos pode impactar o cumprimento dos prazos estabelecidos e desorganizar o planejamento do gestor de projetos, podendo resultar até em penalizações contratuais devido a atrasos. Assim, torna-se crucial que os gerentes avaliem minuciosamente a priorização dos projetos, implementando um planejamento apropriado para cada um, a fim de mitigar atrasos e garantir o sucesso global do projeto.

Sintetizando, o papel do gerente de projetos é intrincado, envolvendo variáveis que podem dificultar a consecução de um cronograma bem-sucedido, como a demanda e priorização dos projetos, a dimensão dos mesmos e a alocação de profissionais a cada etapa. As ferramentas destinadas à organização de cronogramas buscam aprimorar a visualização do status dos projetos com interfaces modernas e intuitivas, porém ainda dependem do conhecimento e tempo do gerente de projetos para a definição inicial dos atributos.

Nesse cenário, o presente estudo visa desenvolver uma ferramenta que contribua para a definição da priorização dos projetos com base em atributos como dimensão e prazo estabelecido, incluindo a atribuição dos responsáveis por cada etapa e o tempo necessário de acordo com a eficiência do colaborador e a prioridade do projeto. Desta forma, a pesquisa busca explorar a viabilidade da incorporação da inteligência artificial, especificamente a lógica "fuzzy", no gerenciamento de cronogramas em projetos voltados para a distribuição de energia elétrica.

Os sistemas "fuzzy" surgem como aliados ideais para lidar com a incerteza inerente ao raciocínio humano, um dos desafios prementes na gestão de projetos. O trabalho de Vasylykiv et al. (2020) propõe a utilização da lógica "fuzzy" para permitir que gestores avaliem a duração individual de tarefas e do projeto como um todo, a fim de embasar mudanças proativas nas atividades. Braga (2017) apresenta um modelo de aplicação da lógica "fuzzy" na análise de

riscos de prazo e custos de projetos. Além disso, Sofiste e Duarte (2022) propõem uma abordagem que emprega a lógica "fuzzy" para estimar a probabilidade de ocorrência de riscos, reduzindo a subjetividade em sua análise quantitativa. Diante disso, a expectativa é de que a aplicação da lógica "fuzzy" em outra área do gerenciamento de projetos, como o gerenciamento de cronogramas, contribua para o processo decisório dos gestores de projetos.

Portanto, este estudo almeja desenvolver um sistema eficiente de gerenciamento de cronogramas que aborde as incertezas capazes de influenciar as decisões, fornecendo suporte ao processo de tomada de decisão em uma empresa voltada para projetos de distribuição de energia elétrica. A escolha desse setor deriva da expertise da pesquisadora na área, em que a abundância de projetos e a escassa experiência dos colaboradores frequentemente levaram a falhas no planejamento de prazos, resultando em atrasos e penalidades contratuais com a empresa local de distribuição de energia. Portanto, este trabalho apresenta uma abordagem eficaz para o gerenciamento de cronogramas em projetos, incorporando a priorização dos projetos, as estimativas de duração das atividades e a alocação de profissionais de maneira sistematizada e objetiva.

## 2 Gerenciamento de Cronograma

De acordo com o Guia PMBOK (Project Management Institute, 2017), o gerenciamento do cronograma de projetos consiste nas seguintes etapas principais:

1. Definição das atividades
2. Sequenciamento das atividades
3. Estimativa da duração das atividades

Os projetos de distribuição de média tensão possuem duas principais atividades: a etapa de desenho do projeto e o seu orçamento. Dessa forma, a definição das atividades de todos os projetos já está preestabelecida no modelo de cronograma proposto.

Na fase de sequenciamento das atividades, utiliza-se o diagrama de precedência, que consiste na especificação das dependências das atividades de um projeto e, assim, possibilita a determinação do tipo de dependência entre as atividades. O diagrama de precedência ilustrado na

Figura 1 mostra a relação básica entre as duas atividades predefinidas. Nota-se que a atividade de desenho do projeto precede o seu orçamento, caracterizando um relacionamento de término a início entre as atividades. Dessa forma, a atividade sucessora (orçamento) só deve ser iniciada após a finalização da atividade predecessora (desenho).



Figura 1. Diagrama de precedência das atividades do projeto

Fonte: Dados originais do trabalho

O terceiro nível do planejamento do cronograma consiste na determinação da estimativa da duração do projeto. De acordo com a eq. (1), a duração do projeto depende do esforço total que será consumido para a execução do projeto, ou seja, do prazo estipulado e da quantidade de recursos alocados para sua realização.

$$Duração = \frac{Esforço\ total}{Recursos\ alocados} \quad (1)$$

A duração dos projetos de distribuição depende de dois fatores: a dimensão do projeto e o recurso alocado para sua execução. A dimensão dos projetos de linhas de distribuição é estimada pelo número de postes de distribuição (também chamados de pontos) que compõem a área do projeto. Assim, quanto maior a área de obra do projeto, mais pontos serão afetados e, conseqüentemente, maior será a duração das atividades de desenho e orçamento do projeto. O

recurso alocado ao projeto é o projetista que será responsável pelo desenho e orçamento. Portanto, quanto mais experiente e eficiente for o colaborador, menor será a duração da confecção do projeto.

A eq. (2) determina a duração do projeto de distribuição, sendo calculada pela multiplicação do número de pontos da linha de distribuição por duas vezes (tendo em vista o número de atividades do projeto) e pela eficiência do colaborador responsável pelo projeto, representada pelo tempo (em minutos) que o colaborador leva para desenhar ou orçar um único ponto do projeto. Assim, utiliza-se a estimativa paramétrica, baseando-se em dados históricos de eficiência dos colaboradores, o que exclui a necessidade de estimativas pessimistas ou otimistas, uma vez que não depende de fatores externos para a realização do projeto.

$$Duração = 2 \times Dimensão (pontos) \times eficiência (min/ponto) \quad (2)$$

Desse modo, deve-se garantir que o colaborador designado para realizar o projeto consiga entregá-lo dentro do prazo estipulado pela distribuidora, para que a empresa não pague multas por atraso na entrega. O papel do gerente de projetos é determinar qual colaborador é capaz de realizar o projeto dentro do prazo estabelecido, considerando variáveis como as horas comerciais disponíveis e os fins de semana no período de tempo.

Dessa forma, este trabalho também propõe o desenvolvimento de uma ferramenta em “Python” que pode ser utilizada para otimizar a escolha do colaborador mais adequado para a execução de projetos. A ferramenta, apresentada no Algoritmo 1, é capaz de verificar automaticamente a disponibilidade dos colaboradores e calcular aqueles que são capazes de finalizar o projeto de alta prioridade dentro do prazo estipulado. Em seguida, a ferramenta seleciona o projetista com o maior tempo de execução para preservar os projetistas mais eficientes, caso seja necessário. A data de término estimada para o projeto é calculada considerando os dias úteis e horas comerciais e, após a seleção do projetista, o status dele é alterado para indisponível. Caso nenhum projetista seja capaz de finalizar o projeto dentro do prazo, a ferramenta seleciona o projetista mais eficiente para minimizar o atraso.

---

**Algoritmo 1:** Algoritmo para a definição de qual projeto cada colaborador é responsável, respeitando o prazo estipulado para o projeto.

---

**para** todos os projetos **faça:**

**para** todos os colaboradores **faça:**

        verificar se o colaborador está disponível

**se** o colaborador estiver disponível **faça:**

        calcular o tempo estimado para a realização do projeto pelo colaborador

**se** o tempo estimado for menor que o prazo estipulado **faça:**

        adicionar o colaborador como possível projetista do projeto

**fim se**

**fim se**

**fim para**

verificar e atribuir o colaborador com maior tempo de execução ao projeto

calcular a data de término do projeto (considerando horas comerciais e dias úteis)

determinar que o colaborador está indisponível para outros projetos

**se** nenhum colaborador é capaz de concluir o projeto dentro do prazo **faça:**

    atribuir o colaborador com menor tempo de execução ao projeto

    calcular a data de término do projeto (considerando horas comerciais e dias úteis)

    determinar que o colaborador está indisponível para outros projetos

**fim se**

**fim para**

---

Fonte: Dados originais do trabalho

Por fim, considerando que as empresas de projeto de linhas de distribuição devem lidar com uma alta demanda de projetos e um número finito de colaboradores, torna-se necessário determinar a ordem de prioridade dos projetos de modo que garanta que os projetos com grande dimensão, ou pouco prazo para confecção, sejam favorecidos. Assim, como forma de automatizar essa ordenação, sugere-se a utilização da lógica "fuzzy" para assemelhar-se ao processo de tomada de decisão do gerente de projetos.

### 3 Lógica “Fuzzy”

A lógica “fuzzy” é amplamente utilizada por ajudar sistemas inteligentes complexos que geralmente necessitam da observação humana especialista como base para as regras linguísticas que gerenciam o processo de tomada de decisão do sistema. É um método inteligente responsável por converter expressões verbais imprecisas ou qualitativas, como "alto", "baixo", "quente" ou "frio", em valores numéricos.

Essa lógica diferencia-se da lógica clássica em que uma variável apenas pertence ou não a determinado conjunto. A Figura 2 exemplifica a diferença entre a lógica clássica e da lógica “fuzzy”, representando graficamente os conjuntos de altura de uma pessoa. Observa-se que, de acordo com a lógica clássica, as alturas 150cm e 169cm possuem o mesmo grau de pertencimento ao conjunto de altura “baixa”. Contudo, nota-se que essas mesmas alturas possuem graus de pertinência diferentes ao conjunto “baixa” pela perspectiva da lógica “fuzzy”. Isso possibilita uma análise mais aproximada ao ponto de vista humano, de forma que, uma pessoa com 169cm de não pertence inteiramente ao mesmo grupo de uma pessoa com 150cm. Sendo assim, a eq. (3) mostra que o grau de pertinência  $\mu_A$  de uma variável  $x$  a um conjunto  $A$  varia de 0 a 1, onde quanto mais próximo do valor unitário maior o grau de pertinência de  $x$  ao conjunto  $A$ .

O sistema “fuzzy” é composto pelos elementos: conjunto de regras, “fuzzificação”, sistema de inferência e “defuzzificação”, como ilustra a Figura 3. O conjunto de regras linguísticas é responsável por gerenciar os conjuntos de condições para obter consequentes, estruturadas como: **Se** <condição> **Então**<conclusão>. Assim, deve-se primeiro avaliar o antecedente da regra para depois aplicar o resultado no consequente (Marro et al., 2010). Para ativar determinada regra é preciso receber o sinal de entrada quantitativo no sistema “fuzzy” que, em seguida, passará pelo processo de “fuzzificação” a fim de determinar o seu grau de pertinência  $\mu_A$  nos conjuntos linguísticos previamente estabelecidos. Cada variável “fuzzy” é criada com os seguintes atributos: nome da variável, conjunto de termos linguísticos, universo de discurso e funções de pertinência.

$$\mu_A(x): A \rightarrow [0,1]; x \in A \quad (3)$$

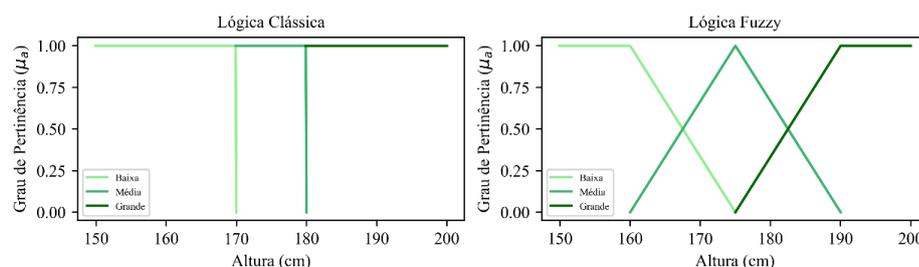


Figura 2. Representação dos conjuntos do tamanho de uma fila de carros sob a perspectiva da lógica clássica e da lógica “fuzzy”

Fonte: Dados originais do trabalho

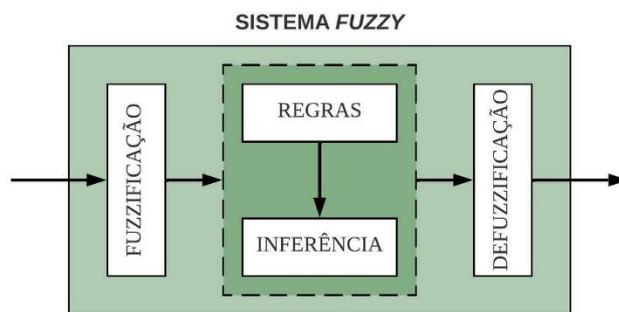


Figura 3. Estrutura básica de um sistema baseado em regras “fuzzy”  
 Fonte: Adaptada de Tanscheit (2003)

Após o processo de “fuzzificação”, o sistema de inferência mescla as regras ativas para obter o conjunto de saída “fuzzy” de acordo com o grau de satisfação dos conjuntos de entrada. O método de inferência utilizado neste trabalho é o Mamdani que aplica a inferência *máx-min* de acordo com a eq. (4), onde  $n$  é o número de regras que compõem a base de regras, e  $\mu_{A_j}(x)$  e  $\mu_{B_j}(u)$  são os graus com que  $x$  e  $u$  pertencem aos conjuntos “fuzzy”  $A_j$  e  $B_j$ , respectivamente.

$$\mu_M(x, u) = \text{máximo}_{1 \leq j \leq n} \left\{ \text{mínimo} \left[ \mu_{A_j}(x), \mu_{B_j}(u) \right] \right\} \quad (4)$$

Portanto, a inferência Mamdani é aplicada de acordo com os seguintes passos:

1. Determinar as regras ativas;
2. Especificar a saída “fuzzy” de cada regra ativa;
3. Combinar todas as saídas “fuzzy” encontradas.

Para determinar as regras ativas é preciso indicar quais regras possuem variáveis com grau de pertinência diferente de zero após a “fuzzificação”. Em seguida, a saída “fuzzy” de cada regra ativa é calculada de acordo com o valor do seu conseqüente que é obtido por meio de operadores lógicos que combinam seus antecedentes a fim de estabelecer um resultado único. Dessa forma, o operador lógico *e* calcula a intersecção dos antecedentes da regra **Se** <condição> **Então**<conclusão> para obter o valor mínimo de acordo com a inferência Mamdani, e o operador lógico *ou* realiza a operação de união das saídas das regras ativas em um único conjunto máximo (Sousa, 2009).

Após gerado o conjunto “fuzzy” de saída é realizado o processo de “defuzzificação” para convertê-lo em um valor numérico. Neste trabalho é utilizado o método de Centro de Área (CDA) na “defuzzificação” para estabelecer o centro de gravidade da distribuição do conjunto de saída do sistema “fuzzy”, como mostra a eq. (5).

$$CDA = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (5)$$

### 3.1 Implementação da Lógica “Fuzzy” no Sistema de Gerenciamento de Cronograma

A implementação da lógica “fuzzy” para desenvolver o sistema de gerenciamento de cronograma de projetos de linhas de distribuição tem como principal objetivo auxiliar no processo de tomada de decisão do gerente de projetos. Dentre os problemas observados no gerenciamento do cronograma, destacam-se as diferentes dimensões de cada projeto, a alta demanda de projetos e o grau de experiência de cada colaborador. Essas variáveis dificultam o compromisso do gerente de projetos em entregar todos os projetos dentro do prazo estipulado pela empresa concessionária de energia.

Dessa maneira, a decisão "fuzzy" é utilizada para determinar o grau de prioridade de cada projeto de acordo com dois elementos chave: dimensão e prazo estipulado para o projeto. Esses elementos serão utilizados como variáveis "fuzzy" no sistema de gerenciamento modelado, e seus atributos são apresentados na Tabela 1. O conjunto de termos linguísticos das variáveis é determinado de forma que o valor de cada variável é indicado por meio das expressões: pequeno, médio e grande. Já o universo de discurso, que é o domínio do sinal de entrada, é definido de acordo com a experiência da especialista responsável pelo desenvolvimento do sistema.

Tabela 1. Atributos das variáveis "fuzzy" do sistema de gerenciamento de cronograma

Atributos	Variáveis "fuzzy"	
Nome	Dimensão	Prazo
Conjunto de termos linguísticos	Pequena, Média e Grande	Pequeno, Médio e Grande
Universo de discurso	[0,500]	[0,14400]
Função de Pertinência	Triangular	Triangular

Fonte: Dados originais do trabalho

A dimensão de um projeto de linha de distribuição é medida pelo número de postes do projeto, em que cada poste é considerado um ponto. Dessa forma, o universo de discurso da variável dimensão varia de 0 a 500 pontos, sendo que o valor máximo indica um projeto de grande dimensão. Já a variável prazo é calculada pela eq. (6), em que  $n_{dias}$  representa a quantidade de dias úteis restantes para a entrega do projeto, multiplicado pelo número de minutos comerciais disponíveis por dia (480 minutos). O universo de discurso da variável prazo varia de 0 a 14400 minutos (correspondente a um prazo de 30 dias).

$$Prazo = n_{dias} \times 480 [min] \quad (6)$$

Por fim, a função de pertinência de cada conjunto é escolhida conforme o contexto conceitual do valor de cada variável uma vez que não existe padronização para a definição dessas funções. A Figura 4 mostra graficamente os atributos de cada variável "fuzzy".

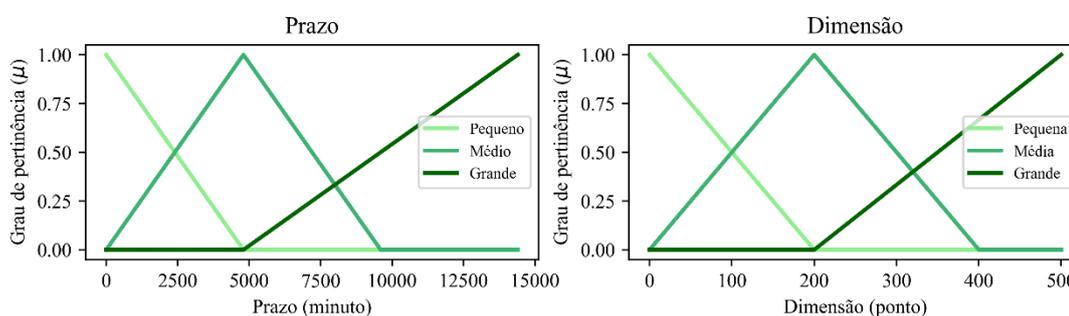


Figura 4. Representação gráfica das variáveis do sistema "fuzzy"

Fonte: Dados originais do trabalho

A base de regras elaborada para gerenciar o sistema "fuzzy" e os seus consequentes utiliza as combinações possíveis entre as duas variáveis do sistema. As regras são formadas seguindo a estrutura **Se**<condição>**Então**<conclusão>, além da aplicação do operador lógico *e* para combinar seus antecedentes. Por fim, é definido o consequente chamado de prioridade para ser a saída "fuzzy" do sistema após a "defuzzificação", com os seguintes conjuntos de termos linguísticos: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A Tabela 2 e a Figura 5 apresentam

os outros atributos desse consequente que varia de 0 a 100 dentro seu universo de discurso. Quanto mais próximo de 100, maior a grau de prioridade do projeto.

Tabela 2. Atributos do consequente "prioridade" do sistema "fuzzy"

Atributos	Consequente "fuzzy"
Nome	Prioridade
Conjunto de termos linguísticos	Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta
Universo de discurso	[0,100]
Função de Pertinência	Triangular

Fonte: Dados originais do trabalho

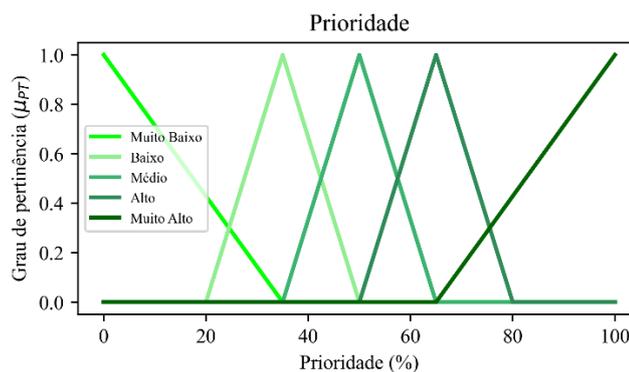


Figura 5. Representação gráfica do consequente "prioridade" do sistema "fuzzy"  
 Fonte: Dados originais do trabalho

Desse modo, a base de regras do sistema de gerenciamento "fuzzy" proposto é formado pelas nove regras:

- 1) SE dimensão é pequena e prazo é pequeno ENTÃO a prioridade é alta
- 2) SE dimensão é pequena e prazo é médio ENTÃO a prioridade é baixa
- 3) SE dimensão é pequena e prazo é grande ENTÃO a prioridade é muito baixa
- 4) SE dimensão é média e prazo é pequeno ENTÃO a prioridade é muito alta
- 5) SE dimensão é média e prazo é médio ENTÃO a prioridade é média
- 6) SE dimensão é média e prazo é grande ENTÃO a prioridade é baixa
- 7) SE dimensão é grande e prazo é pequeno ENTÃO a prioridade é muito alta
- 8) SE dimensão é grande e prazo é médio ENTÃO a prioridade é alta
- 9) SE dimensão é grande e prazo é grande ENTÃO a prioridade é média

A Figura 6 apresenta a estrutura do sistema de gerenciamento "fuzzy" desenvolvido.

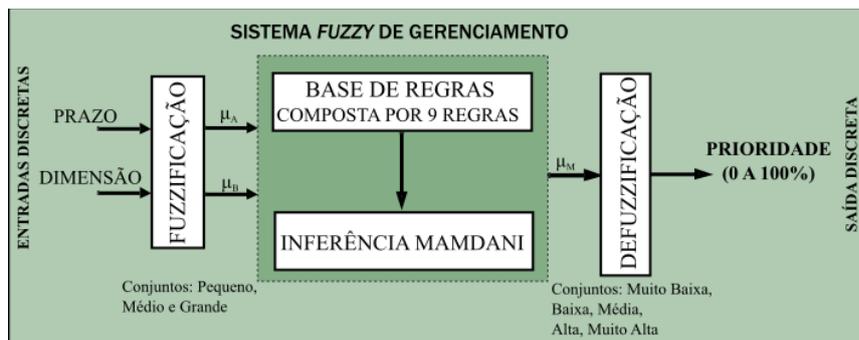


Figura 6. Estrutura final do sistema "fuzzy" proposto  
 Fonte: Dados originais do trabalho

#### 4 Resultados e Discussões

Os resultados decorrentes da aplicação do método proposto delineiam duas dimensões fundamentais: a determinação da sequência de prioridades para todos os projetos na fila de espera e a alocação otimizada dos recursos humanos disponíveis a projetos de maior prioridade, ancorando-se no tempo estimado para a conclusão de cada empreendimento, conforme especificado na eq. (2). O intuito é garantir o cumprimento dos prazos máximos estabelecidos.

Com o objetivo de avaliar o desempenho do método, empreendeu-se uma investigação empírica através de uma base de dados fictícia, composta por 20 projetos, nos quais as variáveis "fuzzy" de dimensão (representando o número de pontos de cada projeto) e o prazo máximo atribuído a cada projeto foram alocadas aleatoriamente, conforme exibido na Tabela 3. Destaca-se que o cálculo do prazo do projeto em minutos é calculado com base na data de 6 de fevereiro de 2023. A natureza de cada projeto foi delineada de acordo com seu propósito, sendo categorizados como aumento de carga, extensão de rede ou recondutoramento. Os projetistas responsáveis por cada projeto e as datas estimadas para entrega foram determinados pela ferramenta desenvolvida em "Python", considerando a disponibilidade dos colaboradores.

A Tabela 4 expõe os projetistas disponíveis, juntamente com suas respectivas eficiências, medidas em minutos por ponto e atribuídas aleatoriamente no intervalo entre 5 e 30. Emerge da contextualização apresentada a assertiva de que quanto menor o tempo necessário para que um projetista complete um único ponto do projeto, maior é sua eficiência. A produtividade dos projetistas é mensurada por meio da relação entre minutos e pontos, de modo que quanto menor esse valor, maior é a capacidade de concluir mais pontos em um dado intervalo temporal. Com essa riqueza de dados à disposição, pôde-se depreender a eficácia do método proposto na alocação eficiente dos recursos disponíveis.

Tabela 3. Base de dados utilizada na análise do método proposto

Projetos	Tipo	Pontos	Prazo final	Prazo (minutos)	Projetista	Data de entrega
Projeto 1	Aumento de carga	228	25/02/2023	7200		
Projeto 2	Extensão de rede	131	06/03/2023	10080		
Projeto 3	Recondutoramento	206	18/03/2023	14400		
Projeto 4	Aumento de carga	237	24/02/2023	7200		
Projeto 5	Extensão de rede	234	14/03/2023	12960		
Projeto 6	Recondutoramento	10	07/02/2023	960		
Projeto 7	Aumento de carga	30	12/02/2023	2400		
Projeto 8	Extensão de rede	62	16/02/2023	4320		
Projeto 9	Recondutoramento	130	10/03/2023	12000		
Projeto 10	Aumento de carga	210	15/03/2023	13440		
Projeto 11	Extensão de rede	288	12/03/2023	12000		
Projeto 12	Recondutoramento	251	07/03/2023	10560		
Projeto 13	Aumento de carga	276	02/03/2023	9120		
Projeto 14	Extensão de rede	155	21/02/2023	5760		
Projeto 15	Recondutoramento	177	10/03/2023	12000		
Projeto 16	Aumento de carga	67	21/02/2023	5760		
Projeto 17	Extensão de rede	220	12/03/2023	12000		
Projeto 18	Recondutoramento	65	15/02/2023	3840		
Projeto 19	Aumento de carga	33	14/02/2023	3360		
Projeto 20	Extensão de rede	97	11/02/2023	2400		

Fonte: Resultados originais do trabalho

Tabela 4. Colaboradores disponíveis para elaboração de projetos

<b>Colaborador</b>	<b>Eficiência (min/ponto)</b>
Paula	19
Fernanda	23
Jaqueline	12
Kellen	14
Maria	22
Rosane	27
Gabriela	7
Bruna	7
Josiane	13
Alice	23

Fonte: Resultados originais do trabalho

Nessa linha de raciocínio, o sistema "fuzzy" proposto assume a tarefa de reorganizar a base de dados, conferindo-lhe uma nova ordem, estabelecida conforme a prioridade atribuída a cada projeto em função de sua dimensão e prazo expressos em minutos. Os resultados, como exibidos na Tabela 5, revelam uma ordenação decrescente com base nos valores de saída "fuzzy", oscilantes entre 0 e 100%. Observa-se que o Projeto 20 exibe a mais alta prioridade, fixada em 61,29%, mesmo não detendo a maior dimensão nem o menor prazo em minutos. Essa classificação aparentemente contraditória do Projeto 20 como o mais prioritário reflete uma síntese complexa das duas variáveis - dimensão e prazo - em uma determinada combinação, divergindo assim da abordagem convencional de eleger o período disponível mais curto ou a maior quantidade de pontos como critério singular.

Essa análise pode ser estendida ao Projeto 2, que detém uma prioridade de 25,67%. Não obstante não ostentar o menor valor de dimensão nem o prazo mais longo na base de dados, o nível de prioridade atribuído a este projeto é considerado moderado quando ambas as variáveis são ponderadas conjuntamente para determinar sua classificação.

Na Tabela 5, ademais, é perceptível a atribuição dos colaboradores responsáveis pelos projetos de maior prioridade. Contudo, a designação dos projetistas não se guia exclusivamente pela eficiência individual, mas sim pela habilidade de completar o projeto dentro do prazo estabelecido, conforme indicado pela data de entrega. Esta abordagem estratégica visa preservar os projetistas mais eficazes para situações emergenciais, enquanto incentiva outros membros da equipe a lidar com atividades de elevada prioridade. Assim, a ferramenta não somente agiliza, mas otimiza o processo de alocação de recursos em projetos, consagrando a eficácia e efetividade do cronograma de empreendimentos.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que o sistema "fuzzy" se revela uma ferramenta genuinamente eficaz para o gerenciamento de projetos, automatizando decisões outrora sujeitas à subjetividade do gestor de projetos e prevenindo eventuais atrasos na entrega. A adoção de abordagens inteligentes em variados domínios do gerenciamento de projetos emerge como um fator preponderante para otimizar processos demandantes de intensos recursos temporais e humanos. Embora o enfoque da aplicação tenha sido específico para um setor determinado, sua implementação em outros contextos é factível após adaptações que harmonizem com as particularidades do respectivo segmento. A capacidade de considerar múltiplas variáveis simultaneamente e priorizar projetos de maneira mais fundamentada representa um progresso notável na disciplina de gerenciamento de projetos, tornando a aplicação da lógica "fuzzy" uma contribuição substancial para o aprimoramento da alocação de recursos em diversos cenários industriais.

Tabela 5. Base de dados após a implementação do sistema “fuzzy” para a classificação da prioridade dos projetos

Prioridade (%)	Projetos	Tipo	Pontos	Prazo final	Prazo (minutos)	Projetista	Data de entrega
61,29	Projeto 20	Extensão de rede	97	11/02/2023	2400	Jaqueline	10/02/2023
58,42	Projeto 6	Recondutoramento	10	07/02/2023	960	Rosane	07/02/2023
54,8	Projeto 7	Aumento de carga	30	12/02/2023	2400	Fernanda	08/02/2023
52,15	Projeto 18	Recondutoramento	65	15/02/2023	3840	Alice	14/02/2023
51,9	Projeto 19	Aumento de carga	33	14/02/2023	3360	Maria	09/02/2023
47,78	Projeto 4	Aumento de carga	237	24/02/2023	7200	Kellen	23/02/2023
47,14	Projeto 1	Aumento de carga	228	25/02/2023	7200	Joasiane	21/02/2023
47,04	Projeto 8	Extensão de rede	62	16/02/2023	4320	Paula	10/02/2023
43,46	Projeto 13	Aumento de carga	276	02/03/2023	9120	Gabriela	16/02/2023
42,26	Projeto 14	Extensão de rede	155	21/02/2023	5760	Bruna	10/02/2023
40,41	Projeto 11	Extensão de rede	288	12/03/2023	12000		
38,57	Projeto 12	Recondutoramento	251	07/03/2023	10560		
37,42	Projeto 16	Aumento de carga	67	21/02/2023	5760		
37,26	Projeto 5	Extensão de rede	234	14/03/2023	12960		
36,46	Projeto 17	Extensão de rede	220	12/03/2023	12000		
35,72	Projeto 10	Aumento de carga	210	15/03/2023	13440		
35,44	Projeto 3	Recondutoramento	206	18/03/2023	14400		
31,42	Projeto 15	Recondutoramento	177	10/03/2023	12000		
26,13	Projeto 9	Recondutoramento	130	10/03/2023	12000		
25,67	Projeto 2	Extensão de rede	131	06/03/2023	10080		

Fonte: Resultados originais do trabalho

Ao aprofundarmos nossa análise sobre os resultados obtidos, é imperativo destacar que a atribuição de prioridades a cada projeto não é uma mera função da dimensão ou prazo individualmente considerados. Em vez disso, representa uma síntese coerente desses fatores, que possibilita projetos de menor dimensão e prazos mais curtos alcançarem prioridades superiores quando necessário. Essa balança cuidadosamente calibrada entre as variáveis é crucial para assegurar uma alocação de recursos mais equitativa, considerando a relevância relativa de cada projeto no contexto global.

A estratégia de alocação de projetistas baseada no prazo estipulado evidencia uma abordagem estratégica que prioriza a conclusão pontual dos projetos de maior prioridade. No entanto, a consideração da eficiência dos projetistas na alocação também pode proporcionar vantagens significativas. Embora a estratégia atual evite sobrecarregar os projetistas altamente eficientes, uma abordagem híbrida que leve em consideração tanto o prazo quanto a eficiência podem otimizar ainda mais a utilização dos recursos humanos disponíveis.

Além dos resultados observados, diversas direções podem ser exploradas para a evolução deste método:

- Consideração de Recursos Humanos Adicionais: A incorporação de detalhes mais abrangentes sobre os projetistas, como suas habilidades específicas e carga de trabalho atual, pode aprimorar a alocação de recursos, garantindo uma melhor correspondência entre tarefas e capacidades individuais.

- **Integração de Dados em Tempo Real:** A exploração da integração de dados em tempo real pode permitir ajustes dinâmicos e otimizações contínuas à medida que a situação evolui, conferindo à ferramenta uma agilidade e precisão ainda maiores.
- **Otimização de Recursos Avançada:** Além da lógica "fuzzy", a aplicação de técnicas de otimização avançadas, como algoritmos genéticos, pode conduzir a um planejamento ainda mais eficiente e adaptativo dos recursos.
- **Avaliação de Impactos:** Investigar como a alocação de recursos afeta a qualidade do trabalho e a satisfação dos colaboradores pode fornecer "insights" valiosos sobre como equilibrar prioridades.
- **Análise de Sensibilidade:** Realizar análises de sensibilidade pode fornecer compreensão sobre como mudanças nas variáveis de entrada impactam a priorização, proporcionando uma visão mais completa das limitações do sistema.

Em suma, a aplicação da lógica "fuzzy" no gerenciamento de projetos, conforme evidenciado pelos resultados alcançados, possui o potencial de revolucionar a tomada de decisões complexas. A capacidade de contemplar múltiplas variáveis simultaneamente e priorizar projetos de maneira mais informada constitui um marco significativo no domínio do gerenciamento de projetos. Essa abordagem não apenas automatiza decisões, mas também estabelece uma base para otimização contínua, acelerando processos e garantindo a entrega pontual de projetos. À medida que o gerenciamento de projetos se torna cada vez mais intrincado, a integração de abordagens inteligentes, como a lógica "fuzzy", promete transformar a forma como abordamos o planejamento e a alocação de recursos em diversos setores.

## 5 Conclusões

Este trabalho propôs a utilização de um sistema "fuzzy" para quantificar a prioridade de cada projeto por meio da avaliação de múltiplas variáveis, como dimensão e prazo do projeto, para servir como uma solução efetiva para auxiliar no cumprimento dos prazos. Ademais, foi desenvolvida uma ferramenta em "Python" para atribuir o colaborador responsável por cada projeto, considerando a eficiência do projetista, a fim de assegurar a entrega dentro do prazo. Os resultados obtidos evidenciaram que a aplicação de um sistema "fuzzy" aliado ao uso da linguagem de programação "Python" pode ser uma solução efetiva para ajudar empresas a gerenciar projetos de maneira mais objetiva e eficiente. A avaliação da dimensão e prazo do projeto, juntamente com a consideração da eficiência do projetista, pode garantir o cumprimento dos prazos e, conseqüentemente, o sucesso do projeto. A utilização de métodos de inteligência artificial pode, portanto, simplificar a tomada de decisões e melhorar a eficiência do gerenciamento de projetos.

## Referências Bibliográficas

Braga, Carlos E. M. F. 2017. *Lógica Fuzzy aplicada ao gerenciamento de riscos em projetos*. Monografia - MBA em Business Intelligence. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Machado, A. L. L.; Oliveira, V. C. de; Silva, C. F. 2022. *Gerenciamento de cronograma em projetos*. Faculdade Tecsona, Paracatu, Minas Gerais, Brasil. Disponível em: < <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/categoriasdownloads/files/20220824130858.pdf> >. Acesso em: 24 de out de 2022

Marro, A. A. *et al.* 2010. *Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações*. Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Disponível em: <

[http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto\\_fuzzy.pdf](http://aquilesburlamaqui.wdfiles.com/local--files/logica-aplicada-a-computacao/texto_fuzzy.pdf). Acesso em: 24 de out de 2022

Project Management Institute. 2017. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). 6. ed. Newtown Square, Pensilvânia, Estados Unidos da América.

Sofiste, V.V.; Duarte, J. C. 2022. Reduzindo incertezas e imprecisões na análise quantitativa de riscos de projetos utilizando a lógica *fuzzy*. Revista Brasileira de Computação Aplicada. v. 14, n. 1, p. 1–15.

Sousa, A. S. 2009. Tomada de decisão *fuzzy* e busca tabu aplicadas ao planejamento da expansão de sistemas de transmissão. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

Tanscheit, R. 2003. Sistemas *Fuzzy*. Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/Cursos-ICA/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em: 24 de out de 2022.

Vasykiv, N. *et al.* 2020. *Fuzzy* logic system for it project management. CEUR Workshop Proceedings. v 2762. p. 138–148.