Vitor Hugo Ferreira

Universidade Federal Fluminense - UFF

Avaliação dos Ativos de Média Tensão da Rede Aérea

ANÁLISE de viabilidade técnica do projeto

Sumário

[Avaliação dos ativos de média tensão da rede aérea da LIGHT 2](#_Toc185443192)

[Resumo do Projeto LIGHT - Avaliação dos Ativos de Média Tensão da Rede Aérea 2](#_Toc185443193)

[Introdução ao Projeto 2](#_Toc185443194)

[Objetivo Geral 2](#_Toc185443195)

[Objetivos Específicos 2](#_Toc185443196)

[Definições 3](#_Toc185443197)

[Exequibilidade do Projeto 3](#_Toc185443198)

[Etapas do Projeto 4](#_Toc185443199)

[1. Análise do Histórico de Interrupções por Trecho 4](#_Toc185443200)

[2. Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade 5](#_Toc185443201)

[3. Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos 5](#_Toc185443202)

[4. Elaboração do Relatório Executivo 5](#_Toc185443203)

[Equipe Técnica 5](#_Toc185443204)

[Cronograma 6](#_Toc185443205)

[Aspectos Técnicos e Relevância 6](#_Toc185443206)

[Considerações Finais 7](#_Toc185443207)

[Estrutura Detalhada do Projeto 8](#_Toc185443208)

[Épico 1: Análise do Histórico de Interrupções por Trecho 8](#_Toc185443209)

[Épico 2: Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade 12](#_Toc185443210)

[Épico 3: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos 18](#_Toc185443211)

[Épico 4: Elaboração do Relatório Executivo 20](#_Toc185443212)

[Cronograma completo: 22](#_Toc185443213)

# Avaliação dos ativos de média tensão da rede aérea da LIGHT

## Resumo do Projeto LIGHT - Avaliação dos Ativos de Média Tensão da Rede Aérea

### Introdução ao Projeto

O projeto visa avaliar os ativos de média tensão da rede aérea da Light, com foco na melhoria da qualidade do fornecimento de energia elétrica. A proposta é conduzida pela **Universidade Federal Fluminense (UFF)** e inclui um processo detalhado de análise de dados técnicos e operacionais para identificar os ativos críticos e priorizar intervenções.

### Objetivo Geral

Avaliar os ativos de média tensão da rede aérea para:

* Identificar a criticidade dos trechos da rede.
* Propor um ranking para priorização de manutenção e melhorias.

### Objetivos Específicos

1. **Analisar dados históricos de interrupções** para mapear a contribuição de cada trecho para a qualidade do fornecimento.
2. **Definir critérios de criticidade**, considerando variáveis técnicas e operacionais.
3. Consolidar uma **base de dados estruturada** com informações técnicas e operacionais.
4. Desenvolver uma **matriz de priorização** e um **ranking de criticidade** para os trechos da rede.

### Definições

1. Ativos de Média Tensão

Ativos que operam em faixas de tensão entre 1kV e 36kV. Incluem transformadores, religadores, seccionalizadores, reguladores de tensão, chaves (faca, fúsil e motorizadas), isoladores e outros componentes críticos da rede aérea.

2. Criticidade

Parâmetro que avalia o impacto potencial de falhas em termos de:

* Número de clientes afetados.
* Energia não distribuída.
* Impacto nos índices de continuidade regulatória (DEC e FEC).

3. Redes Aéreas

Infraestruturas elétricas de distribuição com componentes montados em postes. Podem ser classificadas como:

* Rede Nua: Fios expostos, mais suscetíveis a interrupções.
* Rede Compacta: Maior resistência mecânica e menor impacto ambiental.
* Rede Isolada: Proteção adicional para mitigação de riscos ambientais.

4. Inteligência Computacional

Uso de machine learning e Analytics para:

* Prever falhas.
* Diagnosticar problemas.
* Planejar ações de manutenção e substituição.

### Exequibilidade do Projeto

1. Viabilidade Técnica

* Base de Dados Disponível:
  + Histórico de interrupções.
  + Dados operacionais (níveis de carregamento, tempo em operação).
  + Indicadores regulatórios (DEC e FEC).
* Equipe Multidisciplinar:
  + Especialistas em sistemas de potência, machine learning e redes elétricas.
  + Experiência prévia em projetos similares financiados por agências reguladoras.

2. Viabilidade Financeira

* Projeto estruturado em etapas para controle de custos.
* Uso de dados existentes para minimizar gastos adicionais com coleta.
* Envolvimento de uma equipe consolidada com acesso à infraestrutura da Light e da UFF.

3. Benefícios Esperados

* Melhoria na Qualidade do Fornecimento: Redução de interrupções e falhas.
* Otimização de Recursos: Priorizando intervenções nos trechos mais críticos.
* Cumprimento Regulatório: Garantindo aderência aos índices exigidos pela ANEEL.

### Etapas do Projeto

O projeto é dividido em quatro etapas principais:

#### 1. Análise do Histórico de Interrupções por Trecho

* Revisão de dados históricos sobre interrupções para caracterizar trechos e identificar causas principais.
* Consideração de equipamentos afetados, limites regulatórios e impactos em clientes.

**Entregável:** Diagnóstico inicial dos trechos baseado nos dados disponíveis.

#### 2. Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade

* Realização de workshops e reuniões com a equipe técnica da Light.
* Identificação de variáveis técnicas e operacionais, como:
  + Tempo em operação.
  + Frequência e duração de desligamentos.
  + Número de clientes atendidos.
  + Histórico de carregamento e operações.
* Combinação de critérios técnicos e indicadores de qualidade do fornecimento para classificação da criticidade.

**Entregável:** Relatório técnico sobre variáveis e critérios de classificação.

#### 3. Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos

* Consolidação dos dados analisados.
* Construção de uma matriz de priorização, considerando critérios como impacto na continuidade do fornecimento e energia não distribuída.

**Entregável:** Relatório técnico com matriz de priorização e ranking de ativos.

#### 4. Elaboração do Relatório Executivo

* Compilação das análises, resultados e recomendações em um relatório final.
* Apresentação das conclusões e plano de ação para intervenções prioritárias.

**Entregável:** Relatório final detalhado.

### Equipe Técnica

A equipe é composta por especialistas com ampla experiência em sistemas de potência, inteligência computacional e engenharia elétrica. Os principais membros são:

* **Prof. Vitor Hugo Ferreira:** Coordenador do projeto, especialista em inteligência computacional aplicada a sistemas de potência e smart grids.
* **Prof. Henrique de Oliveira Henriques:** Responsável por redes subterrâneas e análise de perdas e confiabilidade.
* **Prof. Márcio Zamboti Fortes:** Especialista em manutenção e qualidade de energia.
* **Prof. Angelo Cesar Colombini:** Focado em machine learning, analytics e desenvolvimento de software para sistemas elétricos.

**Colaboradores Adicionais**

1. **Daniel Araujo:** Doutorando e programador.
2. **Lorenna:** Doutora com expertise documental e suporte em campanhas de inspeção.

### Cronograma

O projeto tem duração de **quatro meses**. As etapas estão distribuídas conforme o seguinte cronograma:

Tabela

Descrição gerada automaticamente

### Aspectos Técnicos e Relevância

1. **Escopo Restrito e Viabilidade:** Dada a extensão da rede e os custos associados, a inspeção completa é inviável. Por isso, a análise prioriza dados técnicos e históricos, otimizando recursos.
2. **Critérios Baseados em Impacto:** A priorização considera tanto características técnicas quanto o impacto nos clientes e na continuidade do fornecimento.
3. **Abordagem Integrada:** A combinação de inteligência computacional, machine learning e experiência prática garante uma análise robusta.

### Considerações Finais

O projeto representa uma parceria estratégica entre a Light e a UFF para otimizar a gestão dos ativos de média tensão. A utilização de técnicas avançadas, aliada à expertise da equipe, é um diferencial para garantir a relevância e aplicabilidade dos resultados. A colaboração de Daniel Araujo e Lorenna potencializa a execução das tarefas práticas e documentais, assegurando qualidade e eficiência no cumprimento dos objetivos.

Dada a complexidade do problema, uma solução rigorosamente detalhada se faz necessário, considerando todos os aspectos técnicos, riscos e cronogramas. Python será a principal ferramenta computacional utilizada.

## Estrutura Detalhada do Projeto

### Épico 1: Análise do Histórico de Interrupções por Trecho

**1. Objetivo:**

* Identificar as principais causas de interrupções e caracterizar os trechos com base em dados de continuidade e operação.
* Analisar o impacto regulatório e financeiro das interrupções.
* Objetivos Específicos:
  + Mapear os ativos de média tensão mais críticos na rede aérea com base nos dados históricos.
  + Determinar as causas principais das interrupções por categoria de equipamento e tipo de falha.
  + Avaliar o impacto das interrupções nos indicadores regulatórios (DEC e FEC).
  + Gerar relatórios preliminares que correlacionem a frequência de falhas com o tempo de operação dos ativos.

**2. Metodologia:**

* **Identificação dos Ativos de Média Tensão:**
  + Considerar como ativos relevantes: transformadores, religadores, seccionalizadores, reguladores de tensão, chaves (faca, fusível etc.), isoladores e cabos.
  + Utilizar bases de dados existentes da LIGHT para consolidar a lista de ativos.
  + Realizar inspeções em campo, se necessário, para verificar a condição dos ativos não mapeados.
* **Mapeamento e Análise de Dados:**
  + Integrar dados operacionais (tempo de operação, histórico de manutenções) com registros de interrupções.
  + Ferramentas computacionais:
  + Python (pandas e NumPy) para tratamento e análise.
  + Dash e Plotly para visualizações exploratórias.
  + Cruzar informações com indicadores regulatórios (DEC, FEC).
* **Classificação Inicial da Criticidade:**
  + Aplicar técnicas estatísticas para identificar padrões de falha.
  + Desenvolver um modelo de pontuação baseado no impacto de cada ativo na continuidade do fornecimento.
* **Draft em Python:** foram gerados os *scripts* para teste gera\_base\_simul.py e eda\_anal\_base\_light.py 🡪 documentos de *script*s serão anexados.

Gráfico, Gráfico de barras

Descrição gerada automaticamente

Gráfico, Gráfico de pizza

Descrição gerada automaticamente

Gráfico, Gráfico de barras

Descrição gerada automaticamente

Gráfico, Gráfico de dispersão

Descrição gerada automaticamente

Interface gráfica do usuário, Aplicativo, Teams

Descrição gerada automaticamente

**3. Exequibilidade:**

* **Base de Dados:**
  + Validar qualidade e completude dos dados históricos (interrupções, indicadores DEC e FEC, carregamento, entre outros).
  + Realizar limpeza e tratamento utilizando bibliotecas Python como Pandas e NumPy.
* **Recursos Necessários:**
  + Ferramentas de visualização como Dash e Plotly para relatórios exploratórios.
  + Ambientes computacionais otimizados para manipulação de grandes bases de dados.
  + **Recomendações:** trabalhar com Python 3.12.5 (versão atual 3.13) 🡪 algumas bibliotecas de ML até o momento da geração deste documento não foram atualizadas para a versão recente do Python (risco).

**4. Cronograma:**

* **Duração:** 1 mês.
* **Sprints com duração de 7 e 14 dias:**
  + Semana 1 – Sprint 1: Extração e limpeza de dados.
  + Semana 2 – Sprint 2: Análise exploratória e identificação de padrões.
  + Semana 3-4 – Sprint 3: Validação de resultados e geração do diagnóstico inicial.
* **Entregável:** *diagnóstico inicial detalhado dos trechos e suas causas principais.*

**5. Cuidados e Riscos:**

* **Risco:** Dados incompletos ou inconsistentes 🡪 risco alto.
* **Mitigação 🡪 pontos de atenção discutir e aprimorar:**
  + **Técnicas de Imputação de Dados:**
    - Usar bibliotecas Python como `Pandas` para identificar e substituir valores ausentes com base em:
      * Média ou mediana dos dados disponíveis.
      * Técnicas de regressão para prever valores faltantes com base em outras variáveis correlacionadas.
      * Métodos de interpolação (linear ou polinomial) para dados contínuos.
    - Aplicar validações cruzadas para verificar a confiabilidade dos dados imputados.
* **Consultas à Equipe da LIGHT 🡪 risco alto:**
  + Realizar reuniões regulares para validação de suposições e resultados obtidos na limpeza e imputação.
  + Estabelecer um fluxo de comunicação com especialistas técnicos para esclarecer dúvidas sobre dados específicos ou inconsistentes.
  + Documentar todas as alterações realizadas nos dados para garantir transparência e rastreabilidade.

### Épico 2: Definição dos Critérios para Classificação da Criticidade

**1. Objetivo:**

* Estabelecer variáveis e critérios rigorosos para avaliar a criticidade dos ativos.
* Garantir que os critérios reflitam impacto operacional e regulatório.
* Objetivos Específicos:
  + Identificar variáveis operacionais relevantes para a classificação da criticidade.
  + Determinar o peso de cada variável com base em análises de impacto histórico.
  + Validar os critérios junto à equipe técnica e regulatória.

**2. Metodologia:**

* **Identificação das Variáveis:**
  + Analisar dados históricos de interrupções para identificar tendências.
  + Variáveis principais: número de clientes atendidos, tempo em operação, frequência e duração de interrupções, histórico de manutenções.
* **Criação de Critérios:**
  + Atribuir pesos às variáveis com base em impacto nos indicadores DEC e FEC.
  + Aplicar modelos de regressão para validar as correlações.
* **Validação dos Critérios:**
  + Realizar *workshops* com a equipe técnica da LIGHT para validar os pesos e ajustar as variáveis conforme necessário.
* **Definição e Base Conceitual/Teórica da Análise de Criticidade**
  + O **Índice de Criticidade** é uma métrica composta que visa classificar a importância e a urgência de análise/intervenção de ativos. Ele é obtido através da **combinação ponderada de múltiplos fatores críticos**, os quais representam diferentes dimensões de análise, como falhas, tempo de operação, impacto em indicadores regulatórios e número de clientes afetados.
* **Variáveis Utilizadas:**

1. **Freq\_Falhas** (Frequência de Falhas):
   * **Definição**: quantidade de falhas que um ativo apresentou em um período específico.
   * **Base Teórica**: ativos com alta frequência de falhas indicam maior propensão a problemas operacionais e risco de interrupções frequentes.
   * **Peso Escolhido**: 0.00 → neste contexto, a frequência de falhas foi considerada insignificante, isto foi feito apenas para demonstrar que é possível e por considerar que Freq Falhas na sua grande maioria recaem em religamentos dentro do prazo aceitável não levando a impactos, *claro que é importante a análise de especialistas*.
2. **Tempo\_Operacao** (Tempo de Operação do Ativo):
   * **Definição**: idade do ativo ou tempo acumulado em operação, medido em anos.
   * **Base Teórica**: ativos com maior tempo de operação tendem a apresentar desgaste natural e maior risco de falhas, exigindo atenção.
   * **Peso Escolhido**: 0.08 → um peso baixo foi atribuído, o que sugere que o tempo de operação possui menor influência comparado às demais variáveis, *claro que é importante a análise de especialistas*.
3. **Impacto\_DEC** (Impacto nos Indicadores DEC):
   * **Definição**: representa o impacto percentual de um ativo nos indicadores regulatórios de continuidade, como **DEC** (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora).
   * **Base Teórica**: ativos com alto impacto em indicadores regulatórios são críticos, pois afetam diretamente a qualidade do serviço prestado e podem resultar em penalizações.
   * **Peso Escolhido**: 32.43 → este peso é o **mais significativo**, indicando que o impacto DEC é a principal variável no cálculo da criticidade, alinhado à prioridade de minimizar impactos regulatórios, *claro que é importante a análise de especialistas*.
4. **Clientes\_Afetados**:
   * **Definição**: número de clientes impactados em eventos de interrupção associados ao ativo.
   * **Base Teórica**: quanto maior o número de clientes afetados, maior é o impacto social e econômico das interrupções.
   * **Peso Escolhido**: 0.04 → um peso baixo foi atribuído, sugerindo que o impacto em clientes foi menos relevante na análise em relação ao impacto DEC, *claro que é importante a análise de especialistas*.
5. **Equação Utilizada:**
   * A equação geral para o cálculo da **Criticidade Calculada** é dada por:
   * Onde:

* W1, W2, W3, W4 🡪 pesos atribuídos.
* W1=0.00 (Freq\_Falhas),
* W2=0.08 (Tempo\_Operacao),
* W3=32.43 (Impacto\_DEC),
* W4=0.04 (Clientes\_Afetados).
* Interpretação dos Pesos
* **Impacto DEC** é a variável dominante com **peso 32.43**, destacando-se como o principal fator para determinar a criticidade dos ativos, *claro que é importante a análise de especialistas*.
* **Tempo de Operação** e **Clientes Afetados** possuem pesos baixos, refletindo uma menor influência no contexto específico da análise, *claro que é importante a análise de especialistas*.
* **Frequência de Falhas** foi desconsiderada com um peso de **0.00**, o que pode estar associado a uma decisão específica de priorização ou confiabilidade dos dados de falhas, *claro que é importante a análise de especialistas*.
* **Draft em Python:** foi gerado o *script* para teste gera\_base\_simul.py e critério\_classificacao\_criticidade.py 🡪 documentos de *script*s serão anexados.

Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Gráfico, Gráfico de barras

Descrição gerada automaticamente

Gráfico, Gráfico de barras

Descrição gerada automaticamente

Tabela

Descrição gerada automaticamente

**3. Exequibilidade:**

* Recursos Computacionais:
  + Uso de Python (Pandas, Scikit Learn) para análises estatísticas e simulações.
  + Visualização dos resultados com Plotly e Dash.
* **Validação com Dados Reais:**
  + Comparar os critérios definidos com dados históricos para avaliar sua eficácia.

**4. Cronograma:**

* **Duração:** 1 mês.
* **Sprints com duração de 7 dias:**
  + Semana 1 Sprint 1: Definição inicial das variáveis e pesos.
  + Semana 2 Sprint 2: Validação inicial com dados históricos.
  + Semana 3 Sprint 3: Refinamento dos critérios em *workshops* técnicos.
  + Semana 4 Sprint 4: Geração do relatório técnico.
* **Entregável:** *relatório detalhado com variáveis e critérios validados.*

**5. Cuidados e Riscos:**

* **Risco:** Falta de consenso sobre os critérios 🡪 risco alto.
* **Mitigação:**
  + Usar simulações para exemplificar impactos e refinar critérios em sessões mediadas.

### Épico 3: Matriz de Priorização e Ranqueamento dos Ativos

**1. Objetivo:**

* Desenvolver uma matriz de priorização com base em critérios definidos.
* Construir **rankings** para guiar decisões operacionais.
* Objetivos Específicos:
  + Consolidar dados operacionais e regulatórios para os ativos mapeados.
  + Criar uma matriz de priorização com base nas variáveis definidas no Épico 2.
  + Implementar o **ranking** em um modelo dinâmico para simulações futuras.

**2. Metodologia:**

* **Criação da Matriz:**
  + Aplicar os critérios validados para calcular a criticidade de cada ativo.
  + Normalizar as variáveis para garantir comparabilidade.
* **Desenvolvimento do Ranking:**
  + Usar Python para calcular índices de priorização e gerar o ranking.
  + Criar um modelo iterativo que permita simulações com diferentes cenários.
* **Visualização e Validação:**
  + Implementar *dashboards* com Plotly/Dash para visualização do ranking e análise interativa.
* **Estrutura da Matriz de Priorização**
  + Cada linha da matriz representa um ativo de média tensão, e as colunas correspondem às variáveis utilizadas para determinar a criticidade. As variáveis seriam normalizadas para assegurar comparabilidade, e o índice final de criticidade seria calculado como uma soma ponderada das variáveis.
* **Uma ideia de como poderia ser a matriz:**

Tabela

Descrição gerada automaticamente

* **O cálculo do índice de criticidade:**
* **Draft em Python:** foi gerado um *script* para teste chamado mat\_prior.py 🡪 documentos de script serão anexados.

**3. Exequibilidade:**

* Recursos Computacionais:
  + Python (NumPy, Pandas) para manipulação de dados e cálculos.
  + Plotly/Dash para visualizações dinâmicas.

**4. Cronograma:**

* **Duração:** 1 mês.
* **Sprints com duração de 7 e 14 dias:**
  + Semana 1 Sprint 1: Construção da matriz de priorização.
  + Semana 2 Sprint 2: Desenvolvimento do modelo de ranking.
  + Semana 3-4 Sprint 3: Validação do ranking e refinamento do modelo.
* **Entregável:** *relatório com matriz e ranking final, além de dashboards interativos.*

**5. Cuidados e Riscos:**

**Risco:** Subestimação de critérios relevantes.

**Mitigação:**

* Iterações contínuas no modelo com feedback da equipe técnica com a equipe LIGHT 🡪 risco alto.

### Épico 4: Elaboração do Relatório Executivo

**1. Objetivo:**

* Compilar resultados e propor planos de ação detalhados.
* Apresentar análises visuais claras e interpretações baseadas em dados.
* Objetivos Específicos:
  + Documentar todas as etapas do projeto com clareza.
  + Apresentar recomendações práticas e baseadas em dados para a Light.
  + Criar um plano de ação para implementação dos resultados.

**2. Metodologia:**

* **Compilação de Resultados:**
  + Reunir análises e dados validados das etapas anteriores.
  + Gerar gráficos e visualizações para ilustrar as conclusões.
* **Redação do Relatório:**
  + Usar ferramentas de Word ou Excel/Python (e.g. para gráficos embutidos) para criar relatórios estruturados.
* **Validação Interna:**
  + Revisar o relatório com a equipe técnica antes da submissão.

**3. Exequibilidade:**

* **Recursos Computacionais:**
  + Python para geração automatizada de gráficos e tabelas.
  + Ferramentas de documentação como Overleaf/Word para escrita colaborativa.

**4. Cronograma:**

* **Duração**: 1 mês.
* **Sprints com duração de 7:**
  + Semana 1 Sprint 1: Consolidação de resultados preliminares.
  + Semana 2 Sprint 2: Redação do relatório.
  + Semana 3 Sprint 3: Revisão interna e ajustes finais.
  + Semana 4 Sprint 4: Apresentação e entrega final.
* **Entregável:** *relatório executivo detalhado e validado.*

**5. Cuidados e Riscos:**

* **Risco:** Relatório não atender ao nível de detalhe exigido 🡪 risco baixo.
* **Mitigação:**
* Revisões constantes com *feedback* da LIGHT.
* Garantir clareza na apresentação dos dados e conclusões.

### Cronograma completo:

Tabela

Descrição gerada automaticamente