

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA - AUTOMAÇÃO
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA

ANDRÉIA DE OLIVEIRA SANTOS
CAIO MONTE MUKAI
FRANCIELE FERNANDES DOS SANTOS

**ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA A INSTRUMENTOS COM
FUNÇÃO OCR (*OPTICAL CHARACTER RECOGNITION*) INSTALADOS EM
RODOVIAS BRASILEIRAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

ANDRÉIA DE OLIVEIRA SANTOS
CAIO MONTE MUKAI
FRANCIELE FERNANDES DOS SANTOS

**ANÁLISE DE DADOS DE VIDA APLICADA A INSTRUMENTOS COM
FUNÇÃO OCR (*OPTICAL CHARACTER RECOGNITION*) INSTALADOS EM
RODOVIAS BRASILEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, dos Cursos de Engenharia Industrial Elétrica - Automação e Engenharia Industrial Elétrica - Eletrotécnica, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Mariano.

CURITIBA
2018

ANDRÉIA DE OLIVEIRA SANTOS
CAIO MONTE MUKAI
FRANCIELE FERNANDES DOS SANTOS

Análise de Dados de Vida Aplicada a Instrumentos com Função OCR (*Optical Character Recognition*) Instalados em Rodovias Brasileiras

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira(o) Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 23 de novembro de 2018.

Prof. Antônio Carlos Pinho, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Dra.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Carlos Henrique Mariano, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Carlos Henrique Mariano, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roberto Cândido, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

EPÍGRAFE

“Não se gerencia o que não se mede,
não se mede o que não se define,
não se define o que não se entende,
e não há sucesso no que não se gerencia”

(William Edwards Deming)

RESUMO

SANTOS, Andréia de Oliveira MUKAI, Caio Monte SANTOS, Franciele Fernandes. **Análise de dados de vida aplicado a instrumentos com função OCR (Optical Character Recognition). Instalados em rodovias Brasileiras.** 2018. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018

Este trabalho apresenta uma investigação sobre os modos de falha e suas frequências em instrumentos com função OCR (*Optical Character Recognition*). Para isso o sistema foi considerado como não reparável e foi utilizada a técnica de análise de dados de vida ou de sobrevivência da engenharia de confiabilidade. Esses métodos identificam o comportamento dos modos de falha a partir de uma análise estatística dos dados. Tal análise tem como objetivo a criação de modelos estocásticos que traduzem o comportamento das falhas baseado no levantamento do histórico de falhas do sistema em estudo. Para o tratamento e organização dos dados aplicou-se o *software Microsoft Excel* e para observação dos resultados com base no estudo de métodos probabilísticos utilizou-se o *ReliaSoft Weibul++*. A partir desses resultados foi possível fazer uma investigação do comportamento do sistema, bem como um comparativo entre os modos de falha por região e verificou-se que falhas por falta de energia e link de internet mostraram-se relevantes para análises e ações futuras.

Palavras-chave: Modos de falha em radares; Análise de dados de vida; Sistema não reparável; OCR; Weibull;

ABSTRACT

SANTOS, Andréia de Oliveira MUKAI, Caio Monte SANTOS, Franciele Fernandes. **Life data analysis applied to OCR (Optical Character Recognition) capable instruments employed on Brazilian highways.** 2018. 63f. Final dissertation (Bachelor Degree) – Electrical Engineering. Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2018

This paper presents an investigation on reasons of failure and its frequency in instruments with OCR (Optical Character Recognition) function. For that, the system was considered unrepairable, and it was used the life data analysis technique or reliability engineering surviving technique. These methods identify the failure modes behavior from statistics analysis of data. The mentioned analysis has the purpose of the creation of stochastic models which expresses the failures behaviors, based on the failure historic of the system being studied. For the data processing was applied Microsoft Excel software, and the ReliaSoft Weibull++ was used for the observation of the results based on probabilistic methods. From these results, was possible to investigate the system behaviors as well as to trace a comparison between reasons of failure by region, and it was noticed that power and internet failures are the most relevant for future analysis and actions.

Keywords: Failure mode on speed detectors; Life data analysis; Unrepairable system, OCR, Weibull;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma resumido	19
Figura 2 - Curva da banheira.....	23
Figura 3 - Tempo até falha	24
Figura 4 - Histograma de frequência	26
Figura 5 - Estados que compõem as fronteiras secas brasileiras	33
Figura 6 - Mapa de distribuição dos equipamentos.....	34
Figura 7 - Via com 3 faixas monitoradas	37
Figura 8 - Ponto de captura traseira - FO CR-0025 - Porto Velho 1.....	38
Figura 9 - Detalhes do gabinete	39
Figura 10 - Ponto da captura frontal - FO CR0025 - Porto Velho 1.....	40
Figura 11 - Planta baixa dos laços indutivos nas vias	41
Figura 12 - Laço indutivo	42
Figura 13 - Figura ilustrativa do funcionamento dos equipamentos	43
Figura 14 - Rede de repetidoras do Ponto de Monitoramento de Cáceres - FO CR007	44
Figura 15 - PDF de todos os dados.....	50
Figura 16 - Taxa de falha	51
Figura 17 - Comparação das PDFs por região.....	52
Figura 18 - PDF - Modo de falha por energia elétrica	53
Figura 19 - - PDF - Modo de falha por link de internet	54
Figura 20 - Gumbel - Modo de falha por link de internet região Sul	54
Figura 21 - Gumbel - Modo de falha por Link de internet região Centro-Oeste	55
Figura 22 - PDF - Modo de falha por rádio	56
Figura 23 - PDF - Modo de falha por câmera.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição regional dos equipamentos.....	33
Quadro 2 - Lista dos equipamentos e faixas	35
Quadro 3 - Modos de falha.....	45
Quadro 4 - Classificação das falhas na região Sul.....	46
Quadro 5 - Classificação das falhas na região Sudeste.....	47
Quadro 6 - Classificação das falhas na região Norte	47
Quadro 7 - Classificação das falhas na região Centro-Oeste	48
Quadro 8 - MTTF por região.....	57
Quadro 9 - Confiabilidade	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Falhas por equipamento	48
Gráfico 2 - Falhas por região.....	49
Gráfico 3 - Quantidade de falhas X Modo de falha.....	49

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CDF	<i>Cumulative Distribution Function</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
ILD	<i>Inductive Loop Detector</i>
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
LDA	<i>Life Data Analysis</i>
LED	Diodo Emissor de Luz
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>
NBR	Normas Brasileiras
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
PDF	<i>Probability Density Function</i>
RAM	<i>Reliability, Availability, Maintainability</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
TCU	Tribunal de Contas da União
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

- β Parâmetro de forma
- λ Taxa de falha
- σ Desvio padrão populacional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. TEMA	16
1.1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS.....	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GERAL	18
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	18
1.4. JUSTIFICATIVA.....	18
1.5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	19
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1. CONFIABILIDADE	22
2.1.1. TAXA DE FALHAS.....	22
2.1.2. TEMPO MÉDIO ATÉ A FALHA.....	23
2.1.3. FUNÇÕES PDF E CDF	24
2.2. ANÁLISE DE DADOS DE VIDA.....	24
2.3. SISTEMAS REPARÁVEIS	25
2.4. SISTEMAS NÃO REPARÁVEIS	25
2.5. MODELO NÃO-PARAMÉTRICO	25
2.5.1. HISTOGRAMA.....	26
2.6. MODELO PARAMÉTRICO	26
2.6.1. DISTRIBUIÇÃO WEIBULL.....	27
2.6.2. DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL	27
2.6.3. DISTRIBUIÇÃO GAMA.....	28
2.6.4. DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL.....	28
2.6.5. DISTRIBUIÇÃO NORMAL E LOG-NORMAL.....	28
2.7. SOFTWARES	29
2.7.1. CRONOS	29
2.7.2. HADES	29
2.7.3. ARES	30

2.7.4. <i>RELIASOFT WEIBULL++</i>	31
3. PREMISSAS DA ANÁLISE	32
3.1. FUNCIONAMENTO DOS INSTRUMENTOS COM FUNÇÃO OCR.....	32
4. COLETA, ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E MAPEAMENTO DAS FALHAS	44
4.1. COLETA DE DADOS	44
4.2. MAPEAMENTO DAS FALHAS E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	45
5. ANÁLISE DOS DADOS.....	46
5.1 ANÁLISE DOS DADOS NO <i>RELIASOFT WEIBULL++</i>	50
5.2 - PREVISÕES DE FALHAS	58
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	59
6.1. CONCLUSÕES	59
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
REFERÊNCIAS.....	61
GLOSSÁRIO	64

1. INTRODUÇÃO

A replicação de funções humanas em máquinas tem se tornado realidade devido ao grande número de estudos nessa área. Apesar das máquinas não terem a mesma capacidade de leitura de um ser humano, muitas empresas utilizam o sistema de reconhecimento óptico para inúmeras aplicações (EIKVIL, 1993).

O OCR (*Optical Character Recognition*) trabalha com técnicas de identificação de caractere de forma automática, não necessita de um controle no processo que produz a informação. Com essa técnica é possível verificar os atributos do caractere ao analisar uma determinada imagem. Com isso, o sistema consegue classificar tais características e posteriormente compará-las (MITHE; INDALKAR; DIVEKAR, 2013).

Os instrumentos de estudo presentes neste trabalho, conhecidos popularmente como “radares”, tem por finalidade realizar o monitoramento de vias em todo o território nacional. Esses dispositivos devem operar de forma contínua, incluindo finais de semana e feriados, fiscalizando as vias por meio do sistema OCR.

As empresas procuram diferenciais para atender uma maior demanda de seu produto e uma das formas de apresentar esse diferencial é por meio da melhora no desempenho da produção dos seus itens e conseqüentemente, no seu sistema produtivo. Isso reflete na redução do índice de falhas nos produtos e conseqüentemente gera maior confiabilidade (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Para esse trabalho a confiabilidade será aplicada por meio da técnica LDA (*Life Data Analysis*) aliada ao MTTF (*Mean Time To Failure*), considerando o sistema como não reparável e identificando seus modos de falha.

1.1. TEMA

Os instrumentos de estudo, conhecidos popularmente como “radares”, tem por finalidade realizar o monitoramento de vias em todo o território nacional.

Esse trabalho constitui uma análise dos modos e efeitos das falhas em instrumentos com função OCR por meio de técnicas da engenharia da confiabilidade.

Conforme a Norma Brasileira (NBR) 5462 (1994), a confiabilidade é caracterizada pela “capacidade de um produto desempenhar determinada finalidade sob condições especificadas, durante certo intervalo de tempo” (NBR 5462, 1994, p.3).

Para as empresas crescerem no mercado, sua gestão de ativos deve alcançar excelência nos resultados. Quando se fala em produtos de alta confiabilidade operacional, proporciona-se ao cliente um ativo disponível e economiza para as empresas gastos sobressalentes com manutenção, reposição de peças e indisponibilidade (SILVEIRA, 2017).

Embora a confiabilidade seja um sistema matemático e estatístico, sua aplicação gera impacto diretamente no desempenho financeiro das empresas (SEIXAS, 2012)

1.1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Com o aumento da complexidade nos processos produtivos e nos instrumentos de medição e controle, o estudo de análise de falhas tem sido cada vez mais necessário devido às implicações decorrentes de eventuais falhas. Visto que evitar novas ocorrências e identificar a causa raiz do dano são os principais objetivos a serem alcançados, de forma a garantir o correto funcionamento dos equipamentos.

Os instrumentos com algoritmos de OCR devem processar um número extenso de hipóteses prováveis de caracteres e escolhe a combinação mais compatível com a imagem e apresentam o texto reconhecido. Neste estudo específico, esses instrumentos identificam placas de veículos com o auxílio de uma câmera, realizando a leitura automática de placas. As informações são

importadas para um banco de dados onde ocorre uma consulta de restrições desses veículos.

Coletadas as informações necessárias, será realizada a análise de dados de vida a partir do *software* Weibull++. Com esses dados, será possível verificar estatisticamente o tempo decorrido até determinada falha, obter respostas antecipadas sobre a quantidade de lapsos que irão ocorrer nos instrumentos em um intervalo de tempo pré-determinado, atuando de forma antecipada na resolução dos problemas garantindo melhor disponibilidade dos equipamentos.

Segundo DIAS *et al.* (2013), essas técnicas são vitais para análise de risco de processos e também são muito importantes para validar as características de qualidade, manutenibilidade e confiabilidade do produto.

1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS

Para realização deste estudo, serão necessários dados de medições e classificação de situações reais, que serão buscados junto à empresa parceira deste trabalho.

Deseja-se com esta análise: identificar o tempo médio entre as falhas, verificar se os equipamentos falham por causas diferentes quanto sujeitos a regiões geográficas diferentes e averiguar a disponibilidade dos equipamentos, bem como a principal causa das falhas.

Após a coleta, tratamento e modelagem dos dados, espera-se prever as próximas falhas a fim de evitar estas ocorrências. Com isso, visa-se minimizar os custos com manutenção corretiva, mitigar glosas contratuais para a empresa e aumentar a disponibilidade destes instrumentos.

1.3. OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos do trabalho.

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Analisar os modos de falhas detectados em instrumentos com função OCR, por meio da técnica análise de dados de vida.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Para atingir o objetivo principal do estudo algumas premissas deverão ser adotadas:

- Coletar dados por região;
- Organizar os dados e depurá-los;
- Obter as métricas de confiabilidade por meio de *software* especializado;
- Analisar os resultados;

1.4. JUSTIFICATIVA

A indisponibilidade dos equipamentos com função OCR tem gerado para a empresa inúmeros problemas, pois este é um ativo que deve operar constantemente durante vinte e quatro horas por dia. Sua função é identificar as placas dos veículos transgressores, sem falhas de análises. Um monitoramento contínuo que é prejudicado pela falha do equipamento.

Quando o instrumento OCR para de operar por algum motivo e entra em estado de incapacidade, acarreta perdas na captura de placas, o que automaticamente cessa a função de fiscalizar e gera glosas contratuais para a empresa.

Por este motivo o estudo foca neste caso em especial, almeja-se identificar os modos de falha, analisar a confiabilidade do equipamento e principalmente estancar as multas contratuais.

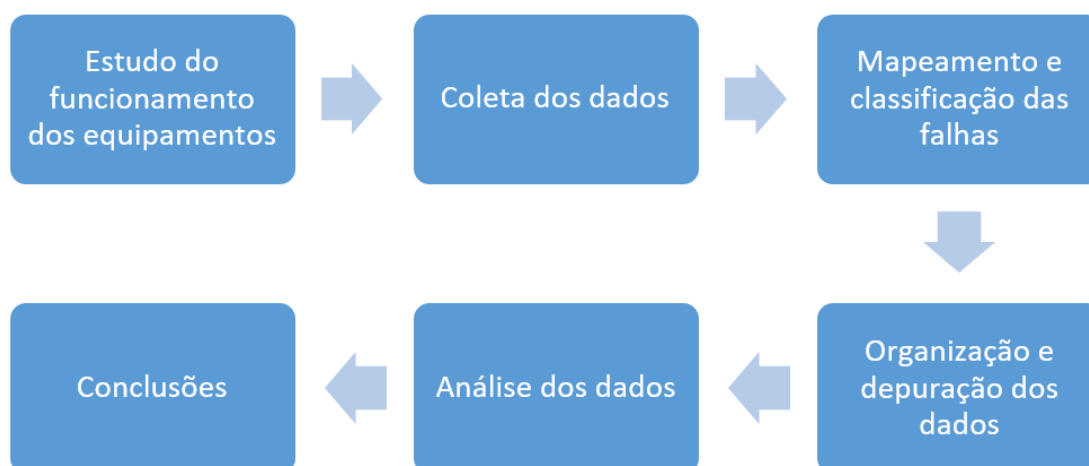
1.5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Inicialmente foi realizada a coleta de dados por meio de *software* ARES, que gerencia as informações dos instrumentos com função OCR e com isso, esses dados foram exportados para o *Microsoft* Excel.

Como não existe um histórico dos equipamentos, nem informações sobre datas de implantação e modificações de projeto foi parametrizado um valor inicial, “marco zero”, para caracterizar os tempos de falhas dos radares. Para melhorar a análise, foram suspensas as falhas com valores repetidos, com duração de menos de uma hora e motivos não classificados.

As análises posteriores foram realizadas com o *software* ReliaSoft Weibull++, onde foi feito um estudo dos modelos paramétricos e não paramétricos, a fim de identificar a predominância dos modos de falhas nas regiões. A figura 1 apresenta os passos seguidos para a realização do trabalho.

Figura 1 - Fluxograma resumido



FONTE: Autoria própria (2018)

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para uma melhor compreensão do tema estudado, o trabalho foi estruturado da seguinte forma:

a) Capítulo 1: Introdução

Contém a apresentação do trabalho, tema, delimitação do tema, problemas, premissas, objetivos, justificativas e procedimentos metodológicos para a realização do mesmo.

b) Capítulo 2: Referencial teórico

Neste capítulo apresenta-se os conceitos teóricos para o embasamento deste trabalho. Aborda-se a teoria de engenharia de confiabilidade e suas ramificações, como o estudo de análise de dados de vida, conceitos de falhas, e também, os conceitos de métodos probabilísticos e estatísticos. Definição de instrumentos OCR e os *softwares* que serão utilizados para o desenvolvimento deste estudo.

c) Capítulo 3: Premissas da análise

Aqui foi abordado o funcionamento dos equipamentos e as condições necessárias para a operação. Levantada a lista de todos os equipamentos e as classificações de paralisações utilizadas pela empresa.

d) Capítulo 4: Coleta e organização dos dados

Este capítulo contém os dados coletados por meio do *software* Ares, já organizados por região, por meio da ferramenta *Microsoft Excel* e a partir deles, foram definidos modelos estatísticos ou probabilísticos de falha.

e) Capítulo 5: Análise de dados

Apresenta a análise dos dados coletados com o auxílio do *software Microsoft Excel* e demonstra as simulações feitas no *software ReliaSoft Weibull++*, ferramenta utilizada para a análise dos dados de vida.

f) Capítulo 6: Conclusões e trabalhos futuros

Apresentação do resultado final, onde foi verificada a validação dos resultados obtidos, embasados nos conceitos teóricos aplicados na análise dos dados coletados. Sugestões de melhorias ou implementações para pesquisas futuras relacionadas ao tema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo apresenta brevemente os temas que envolvem a abordagem de estudo deste trabalho, que é apresentado no capítulo 3. Para isso são utilizados os conceitos da engenharia de confiabilidade que, juntamente com alguns tópicos de probabilidade, embasam a teoria deste trabalho. Nos demais subcapítulos, são abordados os *softwares*, utilizados tanto na coleta de dados, dos instrumentos com função OCR, quanto para a simulação desses valores.

2.1. CONFIABILIDADE

A confiabilidade possui grande importância no estudo de equipamentos, considerando que há uma grande dificuldade de se obter com exatidão seus tempos de vida. Para sua aplicação é necessário conhecer o item, pois é por meio desse conhecimento que serão determinados os modos e as causas das falhas (SILVEIRA, 2017).

Conforme menciona O'Connor e Kleyner (2002), confiabilidade é a probabilidade de um item realizar sua função sem falhas em condições de uso previamente estabelecidas, durante um determinado período de tempo.

A partir da análise da confiabilidade, é possível realizar uma modelagem probabilística de falhas, ou seja, modelar uma lei para o sistema em análise (CAMPOS, 2012).

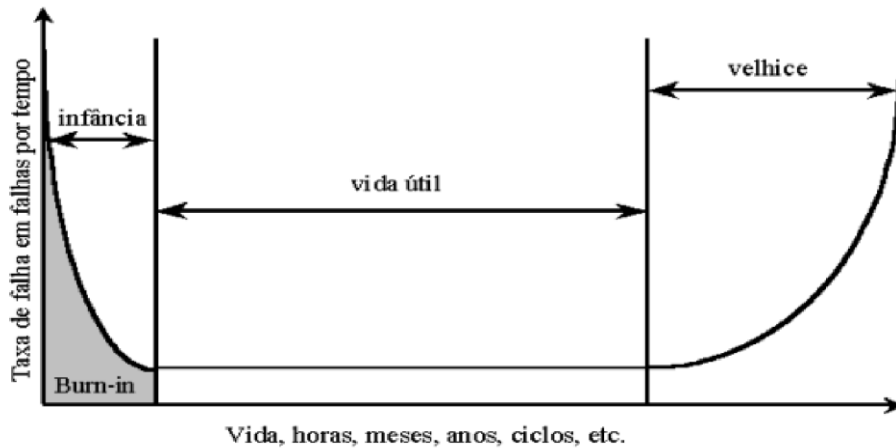
2.1.1. TAXA DE FALHAS

O modo com que um sistema falha é um fenômeno aleatório, modelado por uma variável aleatória contínua não negativa, que representa o tempo decorrido até a primeira falha (CAMPOS, 2012).

A taxa de falha é representada por $\lambda(t)$, representando as características de operação de uma unidade, pois é uma função que permite medir o quanto a unidade melhora ou deteriora com o passar do tempo (NAKAGAWA, 2005).

Segundo Matos e Zotti (2001) as taxas de falha podem ser crescentes, decrescentes, constantes, em forma de banheira ou até mesmo nenhum deles. A curva da banheira apresenta um alto índice de falha no início da vida do equipamento, seguida da vida útil e desgaste por uso, conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2 - Curva da banheira



FONTE: Matos e Zotti (2010)

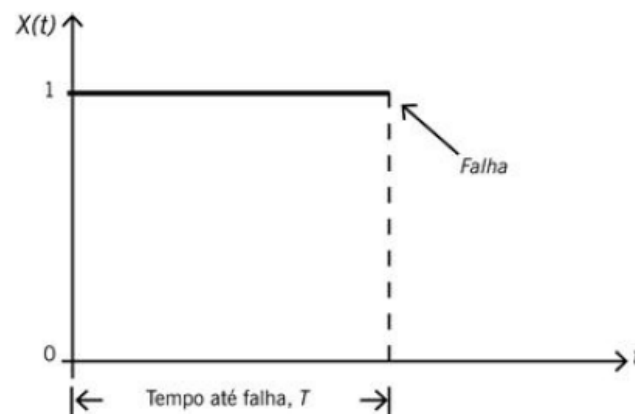
A partir dessas premissas “tudo é baseado em estimativas; o valor real da confiabilidade de um produto nunca será conhecido” (MATOS; ZOTTI, 2010). Dessa forma os modelos matemáticos probabilísticos são baseados em distribuições estatísticas. Os mais comuns são: Weibull, Gama, Exponencial, Normal e Log-normal, que serão descritas na seção 2.6.

2.1.2. TEMPO MÉDIO ATÉ A FALHA

Conforme menciona Fogliatto e Ribeiro (2009), o tempo médio até falha, ou do termo em inglês *Mean Time To Failure* (MTTF), pode ser definido como o tempo transcorrido desde o início da operação, até o momento em que ocorre sua primeira falha. Para verificar o tempo até a falha, é necessário arbitrar o início da operação como $t = 0$. Por estar sujeito a variações aleatórias, o tempo até falha é definido como uma variável aleatória.

A figura 3 apresenta os conceitos de MTTF e sua relação com o tempo, conforme já mencionado.

Figura 3 - Tempo até falha



FONTE: Fogliatto e Ribeiro 2009

2.1.3. FUNÇÕES PDF E CDF

A função densidade de probabilidade, do termo em inglês *Probability Density Function*, PDF, permite a visualização da ocorrência de falhas, durante a vida do item, e também a forma como está estatisticamente distribuída (PALLEROSI, 2006).

A função de distribuição cumulativa, do termo em inglês *Cumulative Distribution Function*, CDF, retorna à probabilidade acumulada de falha, até determinado instante de operação (SELLITTO; BORCHARDT; ARAÚJO, 2002).

2.2. ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

A análise de dados de vida, ou de sobrevivência, que vem do termo em inglês *Life Data Analysis*, LDA, permite analisar o tempo de vida dos itens desde o momento de sua entrada no estudo, até o momento em que ocorre uma falha (BORGES, 2014).

Segundo Hermeto (2014), a análise de dados de vida é um método estatístico aplicado no estudo do tempo de ocorrência de um determinado evento, estipulando a probabilidade de sobrevivência em um instante de tempo.

Para realizar a análise de dados de vida é necessário definir o tipo de sistema que se deseja analisar, podendo ser um sistema reparável ou não reparável.

2.3. SISTEMAS REPARÁVEIS

Segundo Rigdon e Basu (2000), um sistema é considerado reparável quando após a ocorrência de uma falha, retorna à condição de operação inicial por meio de um reparo. Em outras palavras, é um sistema que quando falha, não necessita da substituição de todo o sistema, exigindo apenas algum processo de reparo.

2.4. SISTEMAS NÃO REPARÁVEIS

Conforme menciona Lopes (2012), nos sistemas não reparáveis, quando ocorre uma falha, o sistema como um todo é substituído, a fim de retornar à condição de operação inicial.

Para esse trabalho é utilizada a metodologia de sistemas não reparáveis, visto que, quando ocorre alguma falha no meio físico dos dispositivos com função OCR, o conjunto ou a peça são substituídos.

2.5. MODELO NÃO-PARAMÉTRICO

Nos estudos de confiabilidade, os métodos não-paramétricos são utilizados quando não é possível adequar os dados aos modelos paramétricos (MIRANDA, 2012).

Segundo Contador e Senne (2014), o modelo não paramétrico agrega técnicas de inferência onde são poucas as suposições de como os dados foram gerados. Normalmente, exigem apenas que as amostras não estejam relacionadas ou que os dados sejam obtidos aleatoriamente.

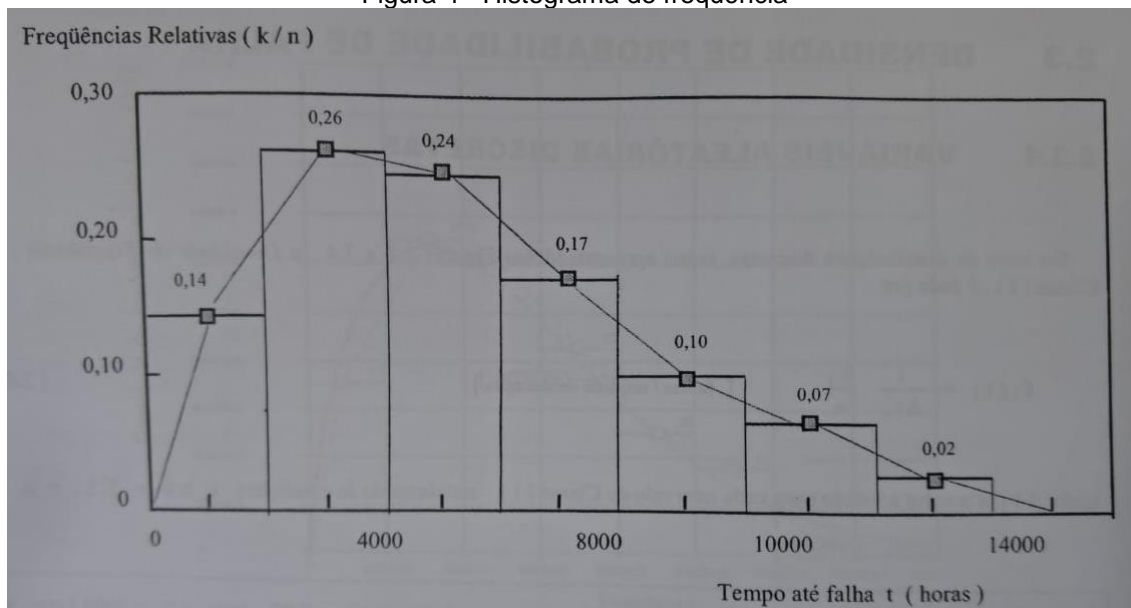
Para o desenvolvimento desse trabalho, no segmento do modelo não-paramétrico, foi utilizado o histograma de frequências para determinar a envoltória da função densidade de probabilidade (PDF) dos dados analisados.

2.5.1. HISTOGRAMA

Segundo Pallerosi (2006), quando um conjunto de dados representar uma distribuição estatística e estiver distribuído em classes, ou categorias, é possível obter os valores das classes de frequências. O gráfico referente aos valores é denominado histograma de frequências.

A figura 4 apresenta um histograma de frequência, elaborado a partir de um conjunto de dados de falha e da mesma forma, apresenta a envoltória da PDF.

Figura 4 - Histograma de frequência



FONTE: Pallerosi (2006)

2.6. MODELO PARAMÉTRICO

Os modelos paramétricos, também conhecidos como modelos probabilísticos, são embasados na suposição de uma distribuição de

probabilidade por meio de parâmetros estimados das amostras em estudo (HERRMANN, 2011).

Segundo Miranda (2012), a aplicação de modelos paramétricos tem se mostrado muito apropriado na análise estatística de dados de confiabilidade.

Nos subcapítulos seguintes é abordado brevemente sobre alguns modelos utilizados em estudos relacionados à confiabilidade, como o Weibull, Gumbel, Exponencial, Normal, Gama, Log-normal.

2.6.1. DISTRIBUIÇÃO WEIBULL

A distribuição Weibull foi proposta originalmente por Waloddi Weibull sendo extensivamente utilizada em engenharia da confiabilidade (GUIMARÃES, 2010).

Conforme menciona Pallerosi (2007), a aplicação dessa distribuição proporciona uma análise mais geral, precisa e prática, envolvendo grande parte dos casos práticos, pois possui grande influência do parâmetro de forma (β).

Segundo Montgomery e Runger (2009), esta distribuição permite modelar o tempo até uma falha, em diversos tipos de sistemas. Possui parâmetros que permitem maior flexibilidade na modelagem de sistemas que contém um aumento, ou diminuição, nas falhas ao longo do tempo ou que permanecem invariáveis no decorrer do tempo.

2.6.2. DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

Conforme menciona Rosário (2013), a distribuição de Gumbel, conhecida também como distribuição de valor extremo, tem como finalidade apresentar o máximo valor obtido, entre várias amostras, dentro de um intervalo estipulado.

2.6.3. DISTRIBUIÇÃO GAMA

A distribuição Gama, também conhecida como distribuição de Erlang, possui grande aplicação prática, sendo apenas sua complexidade um limitador, porém, podendo ser substituída pela distribuição de Weibull (PALLEROSI, 2007).

Segundo menciona Camargo (1981), a distribuição Gama é apropriada para o modelamento dos tempos de reparo, sendo utilizada em estudos de confiabilidade de operação.

Essa distribuição apresenta a situação em que falhas parciais ocorram, podendo descrever uma taxa de falhas crescente ou decrescente (PIAZZA, 2000).

2.6.4. DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL

A função exponencial recebe esse nome devido ao fato de possuir a função exponencial na função densidade de probabilidade (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Conforme menciona Pallerosi (2007), essa distribuição ocorre quando o parâmetro (β) da distribuição de Weibull, apresenta valor igual a 1. É possível aplicar esse modelo em sistemas do tipo série onde a distribuição possui taxa de falha constante.

A função exponencial é regularmente utilizada para a modelagem dos tempos entre os eventos sucessivos, podendo também modelar o tempo de vida de um determinado componente (DEVORE, 2006).

2.6.5. DISTRIBUIÇÃO NORMAL E LOG-NORMAL

A distribuição normal é uma das mais familiares na estatística, é especificada por meio de dois parâmetros: média populacional (μ) e desvio padrão populacional (σ). Guimarães (2010) menciona que a distribuição normal é uma distribuição simétrica em relação à média.

Conforme menciona Piazza (2000), essa distribuição é utilizada quando existe uma convergência de observações ao redor da média e também, quando as observações estiverem acima ou abaixo da média.

Quando o logaritmo de uma variável aleatória assume a forma de uma distribuição normal, teremos uma distribuição conhecida como Log-Normal (GUIMARÃES, 2010).

Essa distribuição pode ser utilizada para analisar o tempo de vida de um item que degrada ao longo do tempo (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

2.7. SOFTWARES

Os subcapítulos seguintes apresentam os *softwares* utilizados para a coleta, transmissão e análise dos dados dos obtidos.

2.7.1. CRONOS

O *software* Cronos é responsável por desempenhar todas as funções necessárias para que os equipamentos de fiscalização eletrônica da empresa operem adequadamente.

Este *software* é executado no equipamento para que o mesmo cumpra suas funções; ele também possibilita intervenções técnicas de primeiro nível, de forma a evitar ao máximo o deslocamento de um técnico para manutenção no local.

2.7.2. HADES

O Hades foi desenvolvido para monitorar o funcionamento de todos os equipamentos, ele permite um acompanhamento completo e em tempo real dos dispositivos. Esse sistema de telemetria informa se os equipamentos estão com conexão à internet, o horário em que foi detectada a última passagem de

veículos, a porcentagem de placas reconhecidas por meio do OCR, como também o horário da última imagem recebida pelo servidor.

Monitora se os equipamentos estão atuando com a energia fornecida pela concessionária ou com banco de baterias e qual a tensão dos equipamentos alimentados com painel solar. Há outras informações sendo acompanhadas também, tais como a temperatura interna do gabinete e se há algum técnico realizando manutenção no equipamento.

Por intermédio do Hades a equipe de monitoramento identifica as anomalias nos instrumentos e informa a equipe técnica. Após a manutenção de primeiro nível via acesso remoto por vezes é possível solucionar o problema, caso contrário será aberta uma ordem de serviço e destacado para atendimento o técnico de campo locado mais próximo ao equipamento.

2.7.3. ARES

Ares é o um *software* de processamento de dados, imagens e infrações, que tem o objetivo de permitir o processamento das imagens registradas pelos equipamentos de fiscalização de trânsito fabricados pela empresa. Nesta plataforma permanecem armazenadas as imagens de acordo com o tempo determinado pela contratante.

O Ares possui seu funcionamento totalmente em ambiente WEB. As políticas de proteção impedem qualquer acesso indesejado, sendo possível somente a entrada mediante “*login*” de usuários permitidos, por meio de níveis de acesso concedidos a seus perfis.

Este sistema permite o processamento das informações de tráfego de veículos de forma a gerar diversos relatórios gerenciais e estatísticos. Todas as classificações de ocorrências com os equipamentos são realizadas neste sistema, dessa forma, possibilita a geração de relatórios tais como: fluxo de veículos por local, por dia; fluxo de veículo por local, por hora; relatório de funcionamento de equipamentos, assim, é possível identificar exatamente os dias de funcionamento dos mesmos; relatório de qualidade das imagens, divididos por faixa, equipamento e período noturno ou diurno; dentre outras funções adequadas a cada cliente.

Os dos dados colhidos no Ares, foi realizado todo embasamento deste estudo de análise de dados de vida e modos de falha.

2.7.4. RELIASOFTWEIBULL++

Desenvolvido pela empresa *ReliaSoft*, o *software* realiza a análise de dados de vida por meio de distribuições estatísticas. Com suas ferramentas é possível realizar análises de confiabilidade, dados de garantia, dados não paramétricos, eventos recorrentes e mais um *know-how* de amplas funcionalidades.

Esta plataforma também permite a geração de gráficos e relatórios automatizados, é capaz de estimar parâmetros e cálculos de MTBF, MTTF, Vida Bx e Taxa de Falha; tópicos fundamentais para a realização dos ensaios de confiabilidade deste estudo.

3. PREMISSAS DA ANÁLISE

A análise deste trabalho está baseada em dados coletados de equipamentos instalados em rodovias brasileiras, os quais são responsáveis pelo monitoramento viário e segurança de seus usuários.

O subcapítulo seguinte apresenta o funcionamento desses equipamentos, bem como a localização dos mesmos e a quantidade de radares presente no contrato analisado.

3.1. FUNCIONAMENTO DOS INSTRUMENTOS COM FUNÇÃO OCR

Os sistemas de controle e fiscalização de trânsito são intensificados a cada ano nas rodovias brasileiras. O propósito disso, segundo os governos, é coibir os excessos por conta da imprudência e garantir cada vez mais a segurança dos cidadãos.

Os equipamentos de estudo deste trabalho têm por finalidade realizar o monitoramento de vias em todo o território nacional. A importância a disponibilidade desses dispositivos se deve ao fato de operar ininterruptamente, fiscalizando as vias por meio do sistema OCR.

As imagens geradas são enviadas constantemente para um banco de dados onde realiza-se a consulta da situação dos veículos, permitindo a verificação da existência de irregularidades fiscais, de segurança e do trânsito, tais como: identificação de veículos adulterados, placa adulterada, IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores) e licenciamento vencidos como também rastreamento e segurança.

Atualmente existem 35 equipamentos de mesmo modelo, que operam com um total de 98 faixas, distribuídas em 9 dos 11 estados das fronteiras secas brasileiras: Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina e São Paulo, conforme figura 5.

Figura 5 - Estados que compõem as fronteiras secas brasileiras



FONTE: TCU - Tribunal de Contas da União (2016)

As quantidades de equipamentos e faixas distribuídos por região estão expostas no quadro 1.

Quadro 1 - Distribuição regional dos equipamentos

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS EQUIPAMENTOS				
Sigla	Estado	Região	Equipamentos	Faixas
AC	Acre	Norte	1	2
RO	Rondônia	Norte	2	6
MT	Mato Grosso	Centro-Oeste	7	14
MS	Mato Grosso do Sul	Centro-Oeste	6	14
SP	São Paulo	Sudeste	3	12

RJ	Rio de Janeiro	Sudeste	3	15
PR	Paraná	Sul	4	15
SC	Santa Catarina	Sul	1	2
RS	Rio Grande do Sul	Sul	8	18
Total			35	98

FONTE: Autoria própria

A figura 6 apresenta com maior precisão a localização real dos instrumentos, como também as cidades onde estão instalados. A lista dos equipamentos e faixas estão detalhadas no quadro 2.

Figura 6 - Mapa de distribuição dos equipamentos



FONTE: Cedida pela empresa (2018)

Quadro 2 - Lista dos equipamentos e faixas

LISTA DOS EQUIPAMENTOS E FAIXAS				
Nº de Série	Cidade	Estado	Região	Qtde de Faixas
FOCR-0036	Xapuri	AC	Norte	2
FOCR-0025	Porto Velho 1	RO	Norte	4
FOCR-0026	Porto Velho 2	RO	Norte	2
FOCR-0007	Cáceres	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0008	Cuiabá	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0010	Poconé	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0009	Pontes e Lacerda	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0011	Primavera do Leste	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0012	Rondonópolis	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0035	Sorriso	MT	Centro-Oeste	2
FOCR-0001	Bataguassu	MS	Centro-Oeste	2
FOCR-0002	Campo Grande	MS	Centro-Oeste	2
FOCR-0003	Dourados	MS	Centro-Oeste	4
FOCR-0005	Ponta Porã	MS	Centro-Oeste	2
FOCR-0006	Terenos	MS	Centro-Oeste	2
FOCR-0004	Três Lagoas	MS	Centro-Oeste	2
FOCR-0020	Aparecida	SP	Sudeste	4
FOCR-0028	Barra do Turvo	SP	Sudeste	4

FOCR-0033	Lavrinhas	SP	Sudeste	4
FOCR-0023	Duque de Caxias	RJ	Sudeste	7
FOCR-0022	Itaguaí	RJ	Sudeste	4
FOCR-0024	Rio Bonito	RJ	Sudeste	4
FOCR-0037	Alto Paraíso	PR	SUL	2
FOCR-0027	Cascavel	PR	SUL	3
FOCR-0013	São Luiz do Purunã	PR	SUL	6
FOCR-0014	Taquari	PR	SUL	4
FOCR-0015	Água Doce	SC	SUL	2
FOCR-0031	Arroio Grande	RS	SUL	2
FOCR-0016	Ijuí	RS	SUL	2
FOCR-0018	Santana do Livramento	RS	SUL	2
FOCR-0030	Santa Vitória do Palmar	RS	SUL	2
FOCR-0017	São Borja	RS	SUL	2
FOCR-0032	Seberi	RS	SUL	2
FOCR-0034	Porto Alegre	RS	SUL	4
FOCR-0029	Uruguaiana	RS	SUL	2
Total				98

FONTE: Autoria própria (2018)

O índice de funcionamento dos equipamentos é medido por meio das faixas; faixas são os números de pistas da via, ou seja, em uma via de três pistas, teremos um equipamento com três faixas conforme figura 7:



FONTE: Autoria própria (2018)

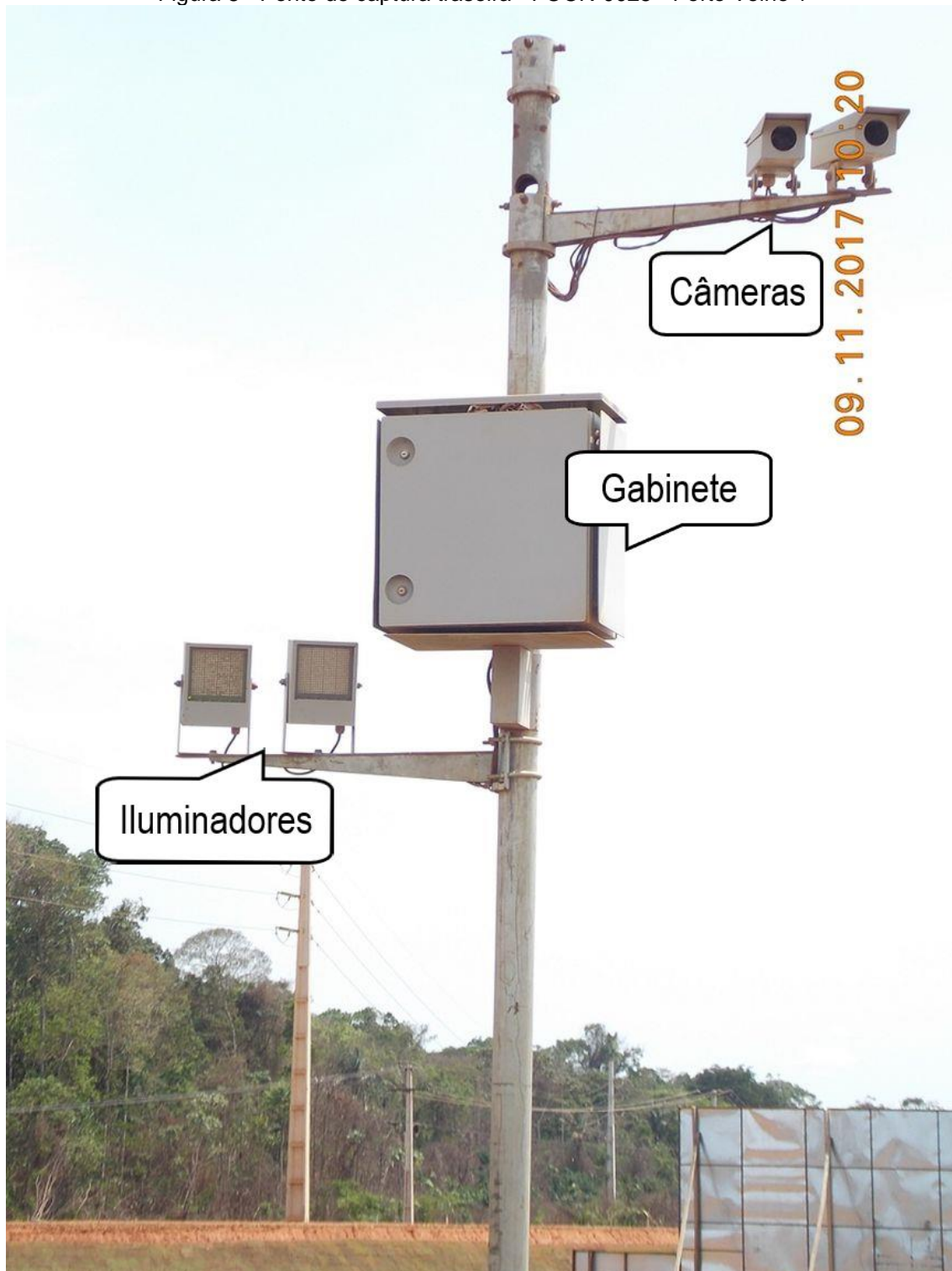
Uma forma de identificar o equipamento é o sentido da rodovia: crescente, se os marcos quilométricos da rodovia estiverem aumentando, e decrescente, se os marcos quilométricos da rodovia estiverem diminuindo.

O equipamento deve fotografar a placa de todos os veículos que passam pelos sensores, capturando duas imagens por automóvel. Uma captura traseira, também chamada de captura por afastamento e uma captura frontal, denominada captura por aproximação.

Para que isso ocorra, o instrumento conta com dois laços indutivos em cada faixa, um laço indutivo dispara a captura frontal e outro a captura traseira. Desta forma cada faixa terá obrigatoriamente uma câmera frontal e uma câmera traseira.

A figura 8 detalha um ponto de captura traseiro, composto por gabinete, iluminadores e câmeras que disparam após reconhecer a passagem de um veículo sobre o laço indutivo. Os iluminadores de LED infravermelho não ofuscam a visão do motorista durante a noite, como também apresentam o melhor custo-benefício.

Figura 8 - Ponto de captura traseira - FO CR-0025 - Porto Velho 1

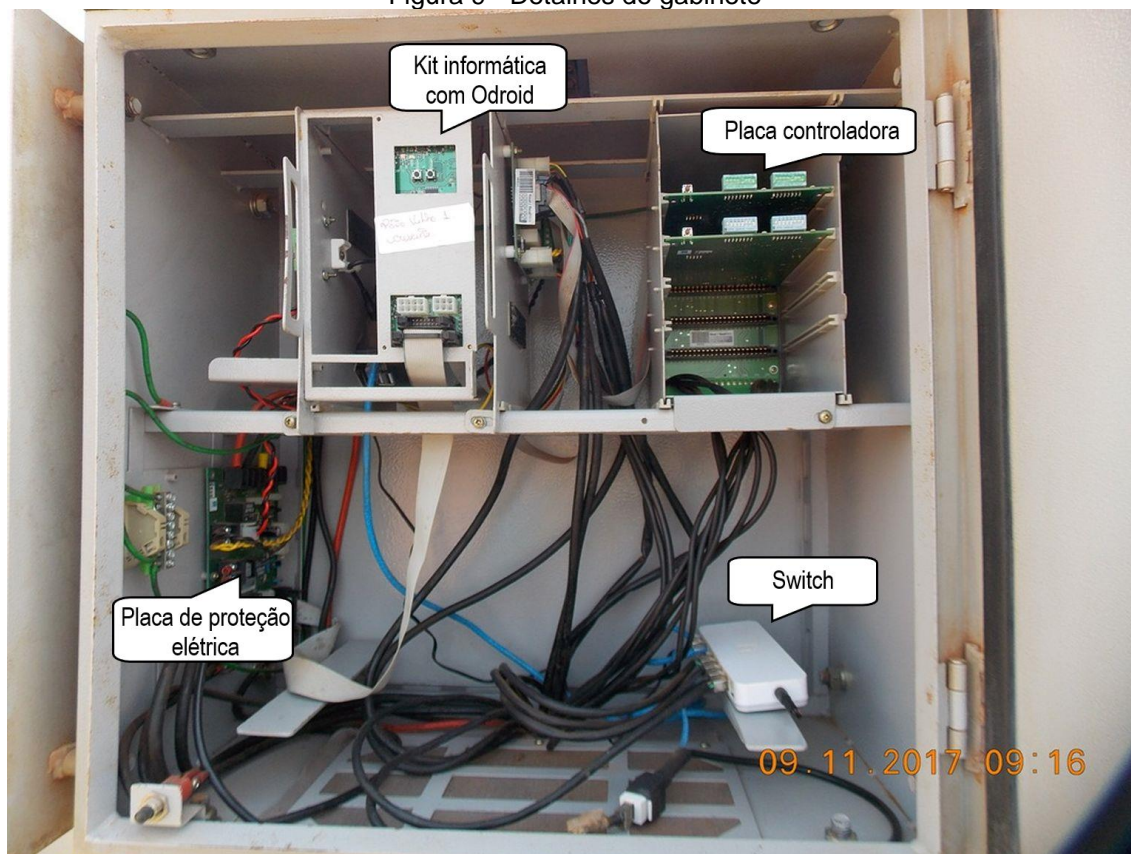


FONTE: Adaptado - Cedida pela empresa (2018)

Dentro do gabinete está toda a estrutura embarcada do equipamento: kit informática, módulo *Odroid*, placa de proteção elétrica, *switch*, placa

controladora e demais componentes necessários para o funcionamento do radar e que não poderão ser detalhados devido ao acordo de confidencialidade, conforme figura 9.

Figura 9 - Detalhes do gabinete



FONTE: Adaptado - Cedida pela empresa (2018)

A figura 10 apresenta o ponto de captura frontal, do equipamento FOQR-0025, contendo apenas as câmeras e os iluminadores.

Figura 10 - Ponto da captura frontal - FOCR0025 - Porto Velho 1



FONTE: Adaptado - Cedida pela empresa (2018)

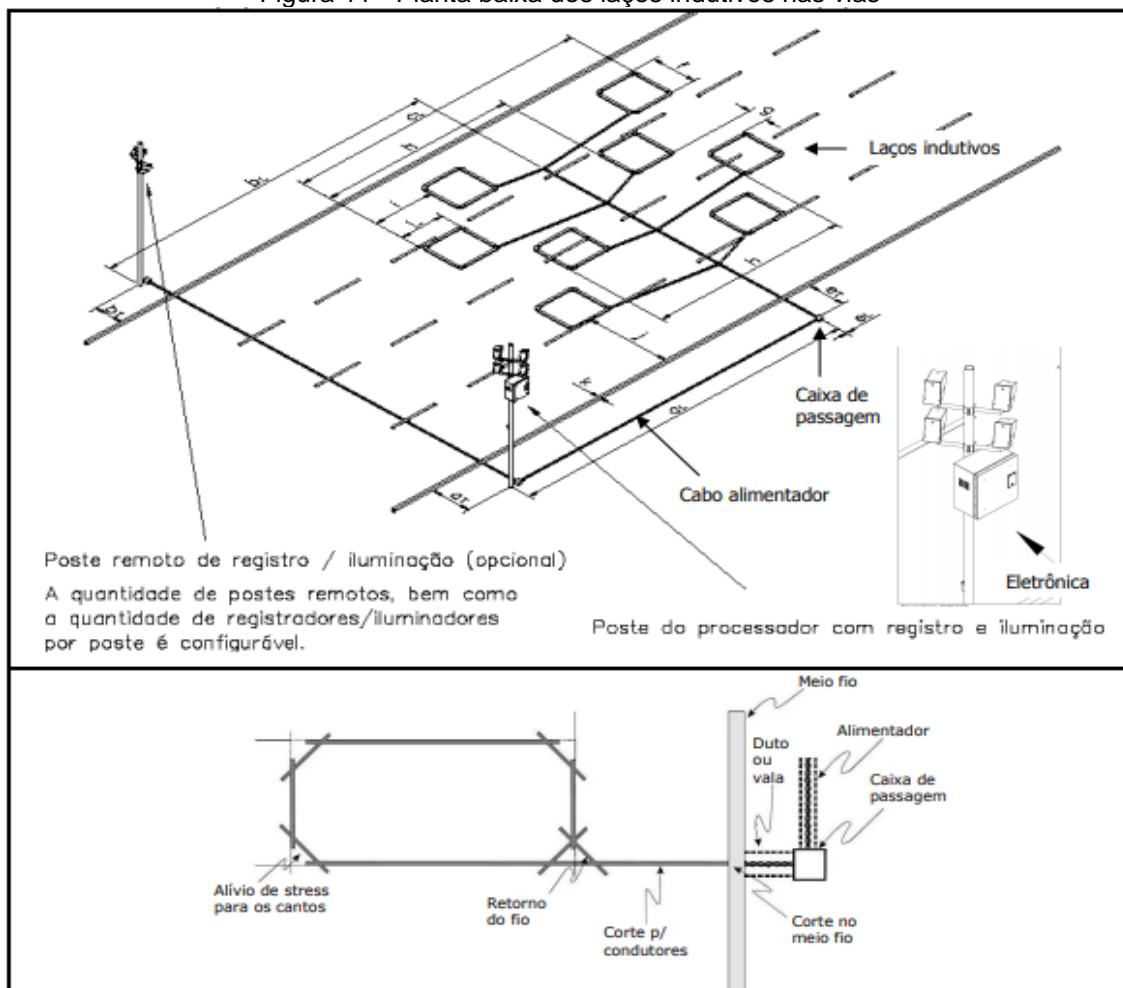
A mais tradicional das tecnologias de detecção de veículos é sem dúvida por laço indutivo também conhecido como ILD (*Inductive Loop Detector*), que

capta mudanças na indutância de uma bobina enterrada quando um veículo (metálico) passa sobre ela (MAGALHÃES, 2008).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o laço indutivo é o sensor mais utilizado em aplicações de tráfego.

Conforme figura 11, o laço indutivo consiste em: um sensor formado por 3 a 5 voltas de um fio isolado enterrado em um corte raso no pavimento, preenchido posteriormente com uma resina selante; um cabo alimentador da caixa de passagem próxima à localização dos fios sensores até a cabine de eletrônica e a eletrônica propriamente dita (MAGALHÃES, 2008).

Figura 11 - Planta baixa dos laços indutivos nas vias



FONTE: Magalhães (2008)

O laço indutivo, embora seja um modelo intrusivo, apresenta grandes vantagens em sua utilização: robustez, baixo custo, imune a adversidades

meteorológicas e classificação por perfil magnético, que permite categorizar o porte do veículo pela sua assinatura magnética.

Quando um veículo passa sobre o laço, ele interage com o campo magnético diminuindo a indutância do mesmo. Se essa mudança exceder o ponto inicial de sensibilidade ajustado, o módulo detector reconhecerá a passagem do veículo sobre o sensor, conforme figura 12. Essa constatação dispara a captura, gerando a imagem do veículo.

Figura 12 - Laço indutivo



FONTE: Adaptado – Cedida pela empresa (2018)

O sistema de fiscalização padrão consiste em dois pontos de captura, sendo um no sentido crescente e outro no sentido decrescente, que se comunicam com o ponto de monitoramento.

As capturas dos veículos são do tipo traseira e frontal, de modo que cada veículo que trafegar na faixa terá duas imagens que serão repassadas ao ponto de monitoramento. A figura 13 apresenta a forma de alimentação dos pontos de captura, que geralmente realizada por painéis solares, que ficam localizados antes do totem e a energia produzida suprirá as necessidades durante vinte e quatro horas por dia.

Figura 13 - Figura ilustrativa do funcionamento dos equipamentos

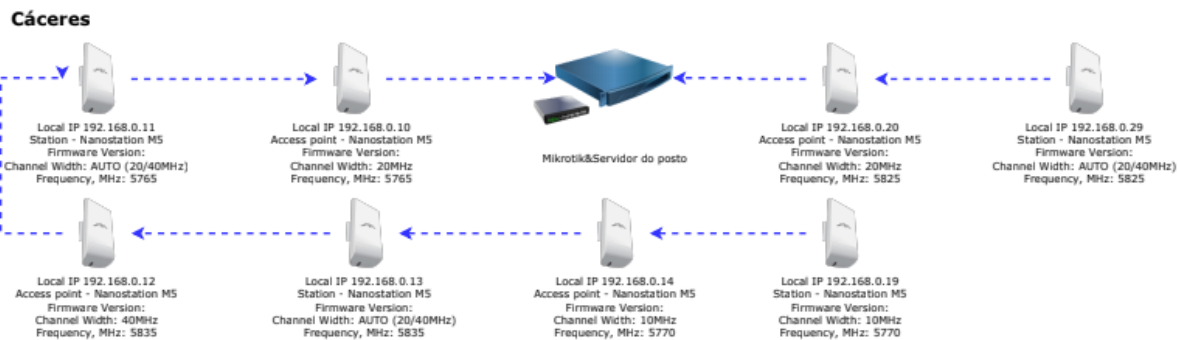


Fonte: Adaptado – Cedida pela empresa (2018)

Em casos onde o ponto de monitoramento e o ponto de captura são distantes, há necessidade de implantar repetidoras de sinal. Os rádios são sempre configurados em pares e para que haja uma comunicação entre eles, há necessidade de estarem com o mesmo SSID (*Service Set Identifier*), mesma largura de banda e mesma frequência.

A repetidora de sinal é um conjunto de dispositivos, instalados em locais de altitude elevada, que tem a capacidade de receber um sinal e retransmiti-lo ao mesmo tempo em duas frequências diferentes. A diferença entre as frequências de recepção e transmissão é conhecida como *offset* e é estabelecida e regulamentada pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). No Brasil utiliza-se em VHF (*Very High Frequency*) um *offset* de 600 kHz e em UHF (*Ultra High Frequency*) em *offset* de 5 MHz.

Figura 14 - Rede de repetidoras do Ponto de Monitoramento de Cáceres - FOCR007



Fonte: Cedida pela empresa (2018)

Utiliza-se também um módulo *Odroid*, que, ao contrário do sistema convencional que guarda as imagens em *buffer* e acabam sendo perdidas ou sobrescritas, fica armazenando as imagens por até um minuto. Ou seja, caso alguns dos rádios estejam com o funcionamento intermitente, na hora que estabilizar o funcionamento as imagens serão transmitidas.

4. COLETA, ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E MAPEAMENTO DAS FALHAS

Para a análise de dados de vida, foi realizado um estudo estruturado que teve início na coleta e ordenação dos dados e se prolongou até a classificação dos modos de falha.

4.1. COLETA DE DADOS

Os equipamentos base para este estudo já estavam implantados e operando quando decidiu-se estudar seus modos de falha e confiabilidade. A premissa utilizada foi determinar um marco zero que permitisse a pesquisa das falhas. Como o período analisado é de 01 de janeiro de 2018 a 30 de abril de 2018, foi determinado 01/01/2018 às 00h00min como o ponto inicial para a contagem de horas corridas até a falha; tendo em vista que não há dados confiáveis anteriores ao período traçado, como também não há informações disponíveis sobre a implantação e testes destes instrumentos.

Os dados foram coletados por meio do *software* Ares em formato compatível com o Microsoft Excel, compondo uma lista de motivos cadastrados e classificados pela empresa como paralisações.

4.2. MAPEAMENTO DAS FALHAS E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Cumprindo a função de monitoramento de rodovias, os equipamentos realizar a captura e a transmissão das imagens, de tal forma que toda e qualquer perturbação que impede esta atividade é interpretada como falha.

Fundamentado em dois modos de falha, sendo por captura e transmissão, foi realizado expurgo dos dados irrelevantes e/ou incompletos. Dos modos de falha possíveis, excluiu-se aqueles que não eram determinantes para derrubar o sistema e, também, as falhas que não tiveram seu motivo classificado, como a reclassificação de falhas. No final da classificação, foi constatado um total de 16 modos de falha, conforme apresenta o quadro 3.

Quadro 3 - Modos de falha

MODOS DE FALHA	
1	Banco de dados
2	Bateria
3	Câmera
4	Cronos
5	Falta Energia
6	Fonte POE
7	Laço rompido
8	Licença Windows
9	Link de internet
10	Mikrotik
11	Módulo 62 (<i>Odroid</i>)

12	Nobreak
13	Placa de laço
14	Rádio
15	Transmissão
16	Vandalismo

FONTE: Autoria própria (2018)

5. ANÁLISE DOS DADOS

A premissa inicial está em analisar as falhas por região, verificando quais os modos de falha que mais se repetem e qual equipamento apresenta o maior número de falhas durante um mesmo período de tempo.

O quadro 4 indica as análises realizadas na região Sul, constando um total de 123 falhas, das quais 43,09% são causadas por falta de energia, 26,83% por falha no rádio e 13,82% por problema no link de internet. Com os dados apresentados, é possível constatar que o equipamento FOCCR-0014 apresentou o maior número de falhas, totalizando 19,51% no geral.

Quadro 4 - Classificação das falhas na região Sul

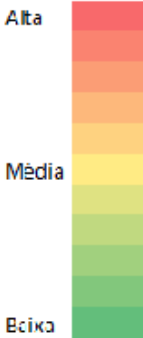
Região	Sul												Total Geral
Contagem de Motivo	FOCCR-0014	FOCCR-0029	FOCCR-0030	FOCCR-0017	FOCCR-0031	FOCCR-0034	FOCCR-0032	FOCCR-0015	FOCCR-0016	FOCCR-0013	FOCCR-0018	FOCCR-0037	Total Geral
Falta Energia	12	4	8	4	8	5	2	5	2		3		53
Rádio		10	3	4	1		6	1		4	2	2	33
Link de Internet	7		4	1	2		2	1					17
Mikrotik						2	2						4
Laço rompido									4				4
Câmera		3											3
Placa de laço	2					1							3
Bateria	2												2
Nobreak				2									2
Cronos													1
Licença Windows	1									1			1
Total Geral	24	17	15	11	11	10	10	7	6	5	5	2	123

FONTE: Autoria própria – Microsoft Excel (2018)

No quadro 5 é possível verificar a classificação obtida na região Sudeste, que apresenta 96 falhas, das quais 32,29% são causadas por falta de energia, 19,79% por falha no rádio, 14,58% por problema no link de internet, 14,58% por falha no módulo 62 (*Odroid*) e 12,50% por problema na câmera. Nesse local o equipamento FOCCR-0020 apresentou a maior porcentagem de falhas 45,83%.

Quadro 5 - Classificação das falhas na região Sudeste

Região	Sudeste						Total Geral
Contagem de Motivo							
Rótulos de Linha	FOCR-0020	FOCR-0023	FOCR-0022	FOCR-0033	FOCR-0028	FOCR-0024	Total Geral
Falta Energia	8	3	8	3	5	4	31
Rádio	16		1	2			19
Link de internet	5	1	1	5	1	1	14
Módulo 62		13	1				14
Câmera	11		1				12
Placa de laço	3						3
Banco de dados				1			1
Transmissão	1						1
Nobreak						1	1
Total Geral	44	17	12	11	6	6	96

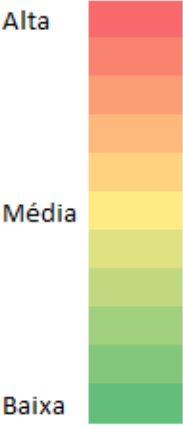


FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

Em contrapartida, o quadro 6 exibe os dados obtidos na região Norte, que apresentou 56 falhas no total, das quais 44,64% foram causadas por problema no link de internet, 35,71% por falta de energia e 12,50% por falha no rádio. Fazendo a análise individualmente, é possível verificar que 44,64% das falhas ocorrem no equipamento FOCR-0036.

Quadro 6 - Classificação das falhas na região Norte

Região	Norte			Total Geral
Contagem de Motivo				
Rótulos de Linha	FOCR-0036	FOCR-0025	FOCR-0026	Total Geral
Link de internet	18	1	6	25
Falta Energia	5	9	6	20
Rádio	1	6		7
Câmera		3		3
Laço rompido	1			1
Total Geral	25	19	12	56



FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

A região Centro-Oeste é detalhada no quadro 7, e apresenta um total de 216 falhas, sendo os maiores valores concentrados em falta de energia com 44,91%, seguido de falha no rádio com 25,46%, problema na câmera com 9,72%, falha na placa de laço com 8,33% e problema no link de internet com 5,09%. Essa região aparentemente apresenta um pouco mais de estabilidade, embora tenha mais equipamentos comparada com as demais regiões. O

equipamento que apresentou maior ocorrência de falhas foi o FOCR-0004 com 17,13%.

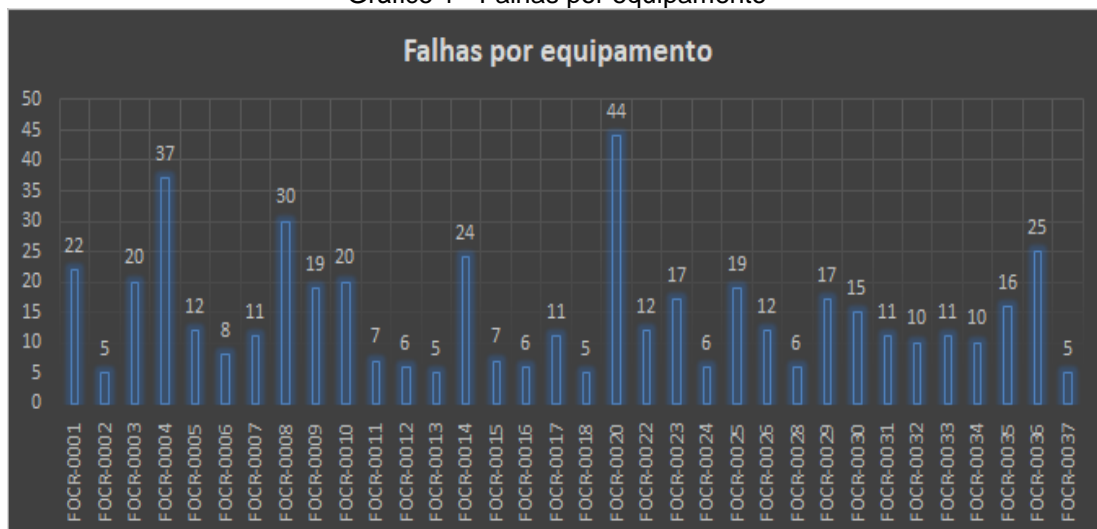
Quadro 7 - Classificação das falhas na região Centro-Oeste

Região	Centro-oeste														Total Geral
Contagem de Motivo	FOCR-0004	FOCR-0008	FOCR-0001	FOCR-0003	FOCR-0002	FOCR-0009	FOCR-0015	FOCR-0005	FOCR-0007	FOCR-0006	FOCR-0011	FOCR-0012	FOCR-0002	FOCR-0017	Total Geral
Falta Energia	5	8	11	2	15	12	11	2	6	7	6	3	3	1	97
Risco	31	5	4	5	1	4	3	1	1						58
Clareira		2	4	6	1			2	3	1	1	1			21
Placa de laço		12		1				3					2		18
Link de internet		3		1	2			4						3	11
Bateria	1			1											4
No-break						3									3
Fonte PDE				2											2
Microtik												1		1	2
Módulo G2								1							1
Vandalismo				1											1
Laço rompido												1			1
Total Geral	37	31	22	20	20	19	16	12	11	8	7	6	5	1	216

FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

Em um panorama geral, ocorreram as seguintes constatações: no período de 01/01/2018 a 30/04/2018 sucederam 491 falhas, o que gera uma média de 4,091 falhas por dia em todo território nacional. O gráfico 1 detalha a relação de falhas, por equipamento, ocorridas durante o período de tempo analisando.

Gráfico 1 - Falhas por equipamento



FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

O gráfico 2 apresenta a classificação de falhas por região, onde é possível comprovar a premissa de que onde há maior concentração de equipamentos ocorre maior número de falhas, pois está relacionado com o mesmo modelo implantado.

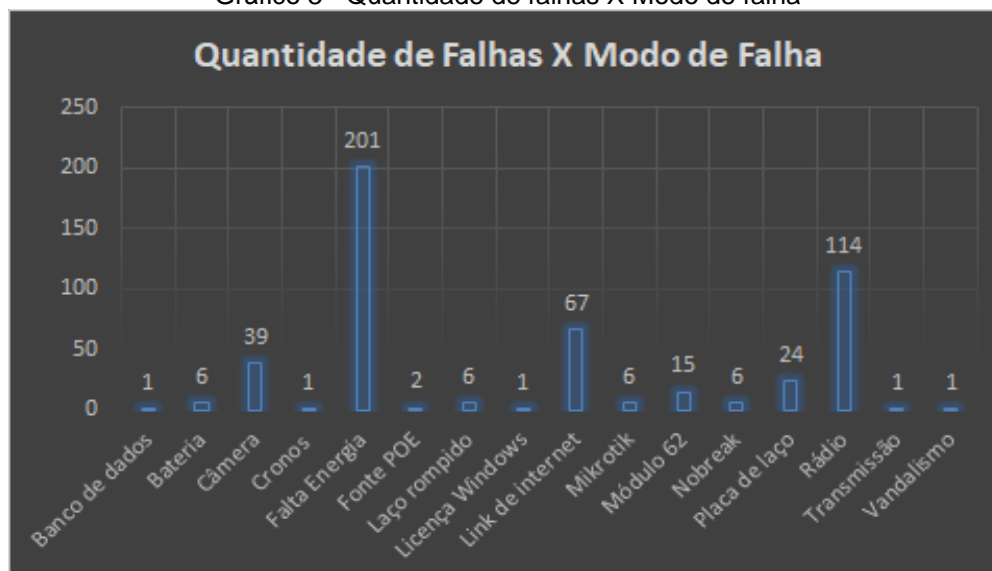
Gráfico 2 - Falhas por região



FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

Conforme demonstra o gráfico 3, é plausível verificar a existência de 4 modos de falha dominantes: falta de energia, rádio, link de internet e câmera, os quais foram base para as análises realizadas no decorrer com o auxílio do *software ReliaSoft Weibull++*.

Gráfico 3 - Quantidade de falhas X Modo de falha

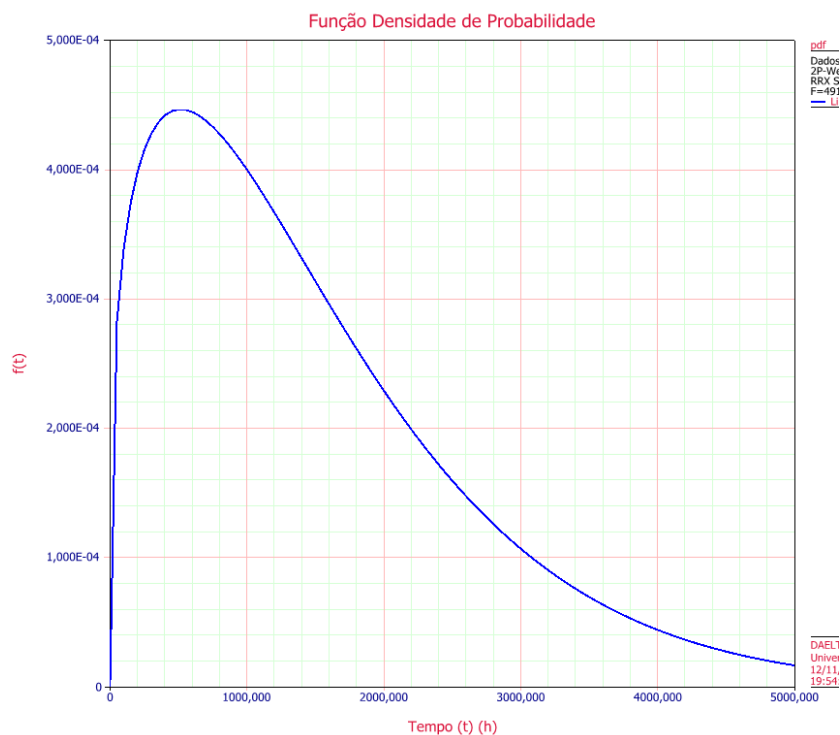


FONTE: Autoria própria - Microsoft Excel (2018)

5.1 ANÁLISE DOS DADOS NO *RELIASOFT WEIBULL++*

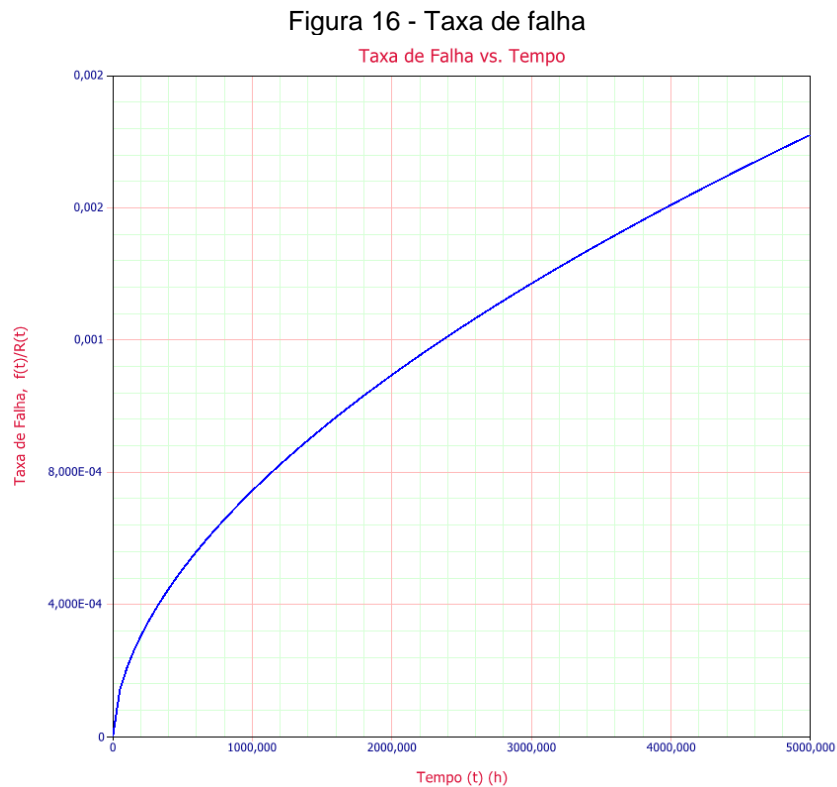
Analisando todo o conjunto de falhas, para todos os equipamentos, de todas as regiões e de acordo com o embasamento teórico, era previsto uma função multimodal com vários picos e cada um deles representando um modo de falha distinto, de forma a demonstrar a existência de múltiplos modos de falha. Porém, conforme verificado na figura 15, a função apresenta apenas um pico, isso se deve ao fato das frequências de falhas serem muito próximas, no conjunto de dados analisados, dando a impressão de que os instrumentos falham por um único motivo.

Figura 15 - PDF de todos os dados



FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++*(2018)

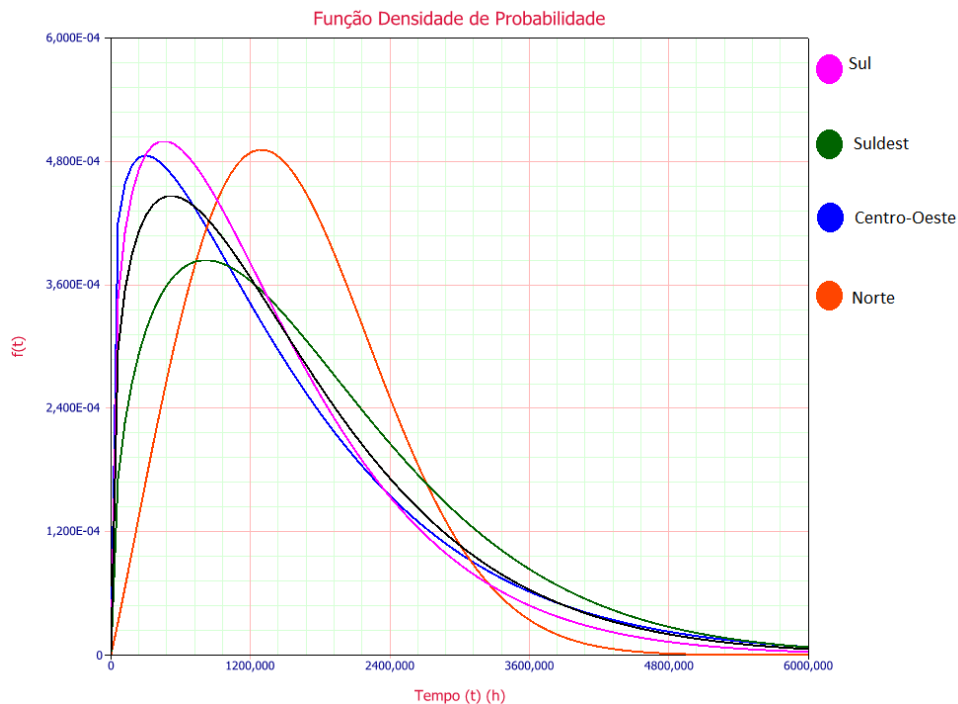
Utilizando o *software* da *ReliaSoft Weibull++*, foi encontrado um valor de $\beta = 1,5$, indicando falhas por desgaste ou velhice (ver figura 2 - Curva da banheira) e uma taxa de falhas crescente como demonstrado na figura 16.



FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++* (2018)

Separando as envoltórias das PDFs de cada região, é visível a mudança na frequência das falhas, como demonstrado na figura 17. As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste possuem um comportamento similar, conforme as curvas de cores rosa, verde e azul, diferenciando apenas em amplitude devido a concentração de falhas. Em contrapartida a região Norte, representada na figura 17, pela linha laranja, possui uma característica parecida, porém as falhas ocorrem em tempos diferentes das demais regiões.

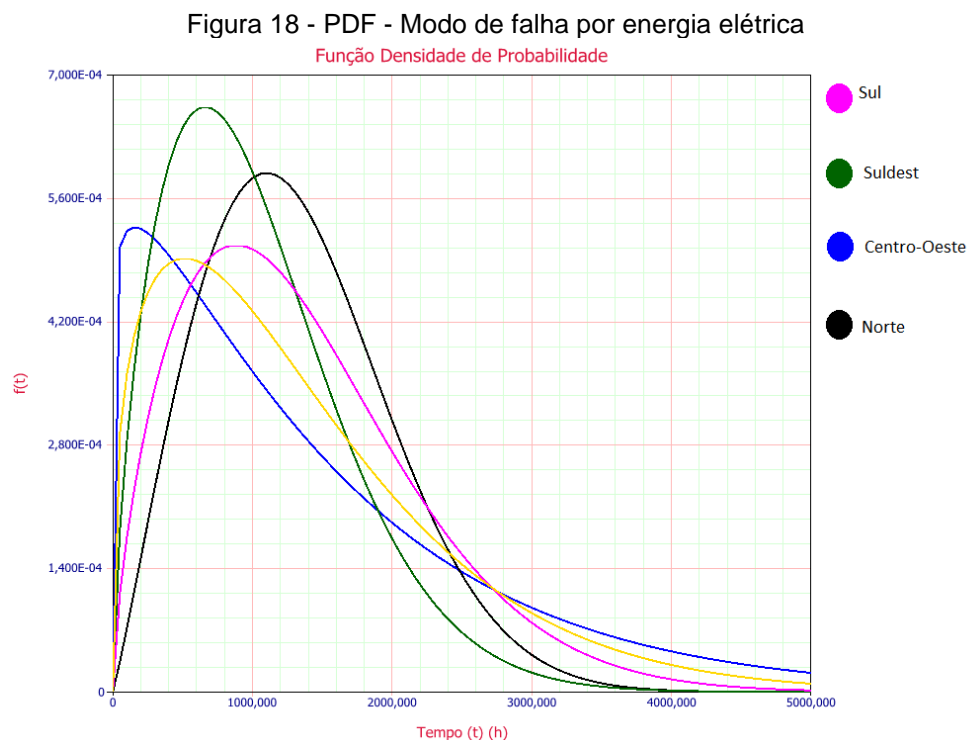
Figura 17 - Comparação das PDFs por região



FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++* (2018)

Na depuração dos dados, foram utilizados apenas os modos de falha que ocorrem com maior frequência e as falhas com incidências maiores que três vezes. As demais falhas foram consideradas irrelevantes e dessa forma não foram utilizadas nas análises. A partir dessa premissa, foram geradas as figuras 18, 19, 22 e 23, possibilitando identificar o modo de falha recorrente, dentre os quatro modos de falhas predominantes, por região.

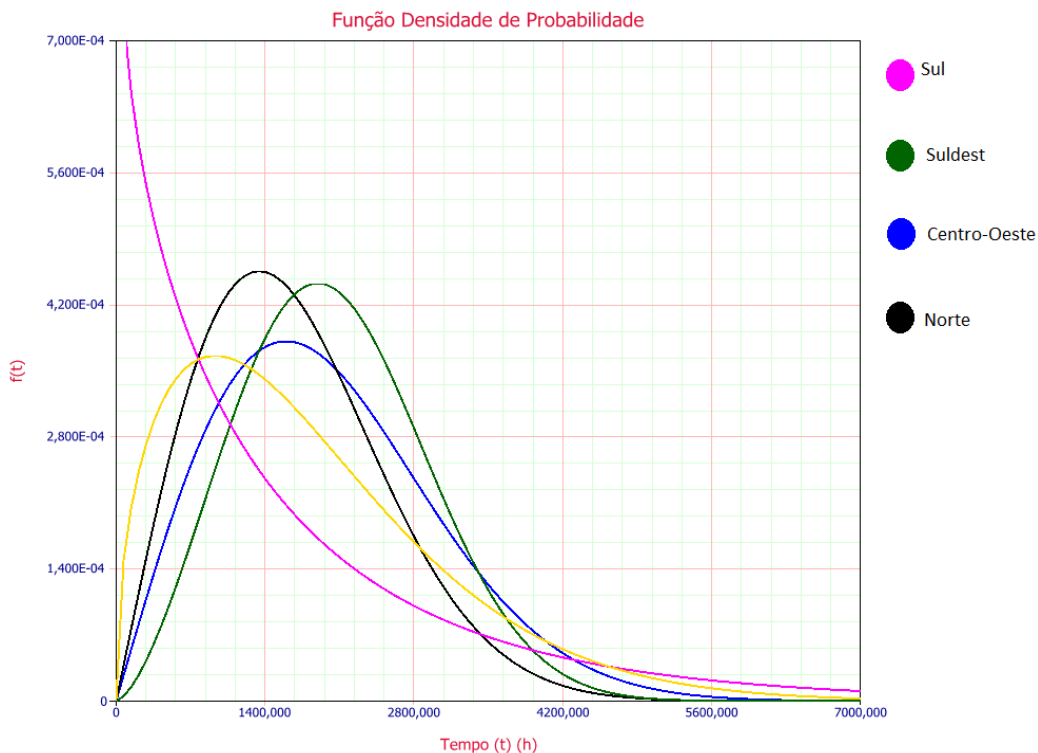
A análise inicial é realizada com a falta de energia nas regiões, pois conforme visto no gráfico 3, é o modo de falha dominante e está representado na figura 18 da seguinte forma: Sul (curva rosa), Sudeste (curva verde), Centro-Oeste (azul), Norte (preto) e curva amarela é o comportamento de todas as regiões juntas. Como demonstrado na figura 18, existem assimetrias e características diferenciadas, embora o sistema brasileiro de energia seja interligado.



FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++* (2018)

A próxima análise está relacionada com a figura 19 e apresenta o comportamento das falhas causadas por link de internet. As regiões Sudeste (curva verde), Centro-Oeste (curva azul) e Norte (curva preta), demonstram comportamentos similares embora sejam atendidas por provedoras de internet distintas. Já a região Sul (curva rosa) comporta-se de forma anormal, apresenta o padrão de uma curva exponencial e exigirá uma análise mais detalhada.

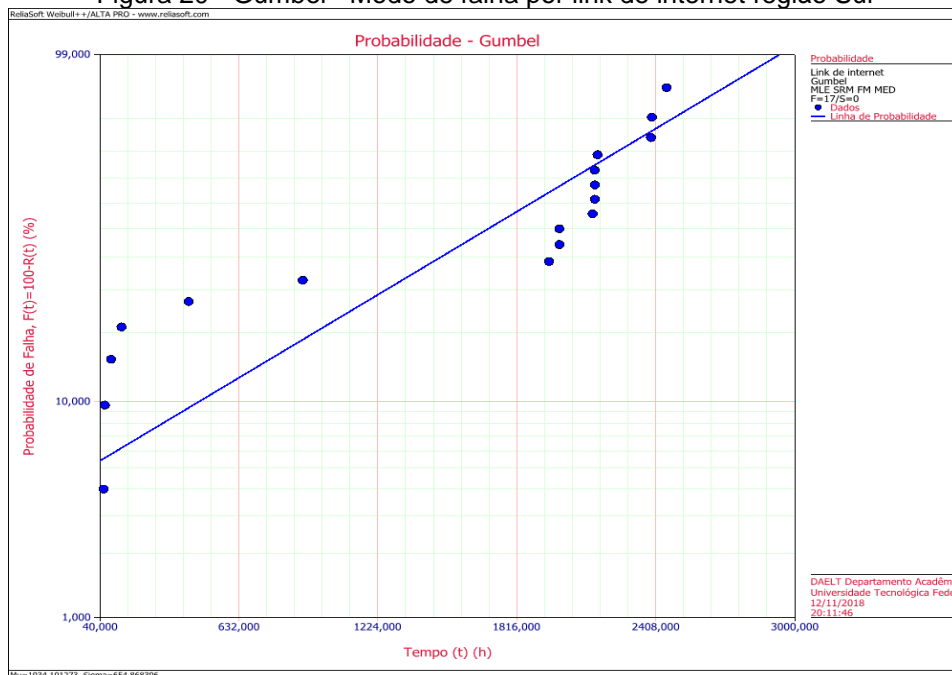
Figura 19 - - PDF - Modo de falha por link de internet



FONTE: Autoria própria – ReliaSoft Weibull ++ (2018)

Para entender a anomalia exponencial gerou-se as figuras 20 e 21, por distribuição de Gumbel. A figura 20 exibe comportamentos distintos, apresentando eventos empilhados, muito próximos ou distantes.

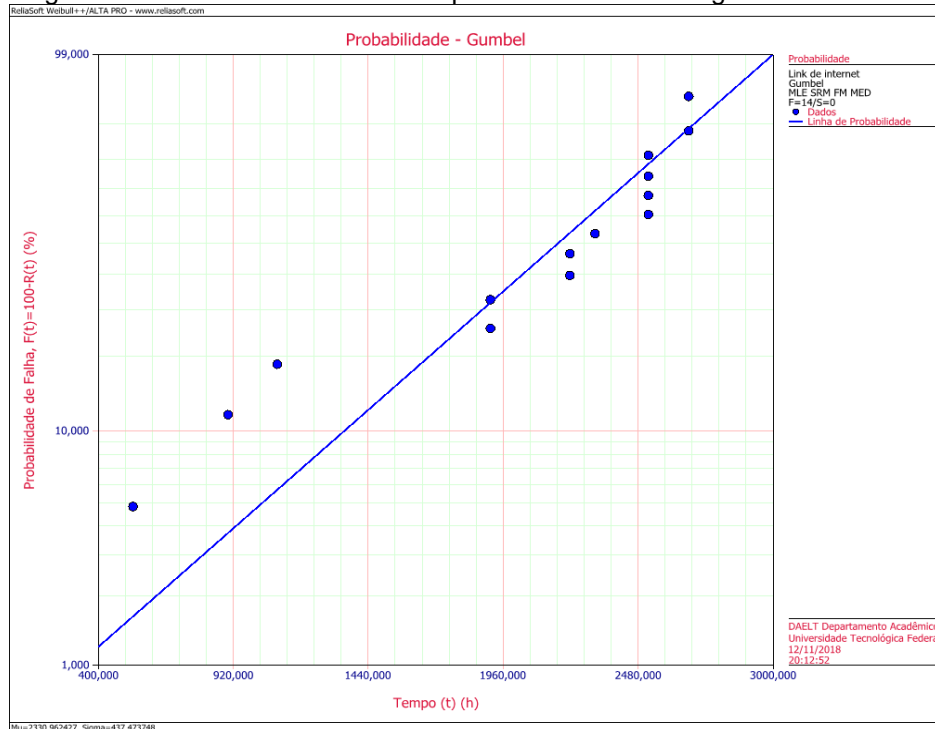
Figura 20 - Gumbel - Modo de falha por link de internet região Sul



FONTE: Autoria própria – ReliaSoft Weibull ++ (2018)

Verificou-se que tais eventos ocorrem em todas as regiões, como demonstrado na figura 21, selecionou-se a extensão Centro-Oeste devido a igualdade de equipamento. Dessa forma é possível perceber a interferência da quantidade faixas nos valores de análise. Para análises futuras é necessário criar valores médios entre as faixas, para retirar tais efeitos e um estudo específico para analisar essa ocorrência.

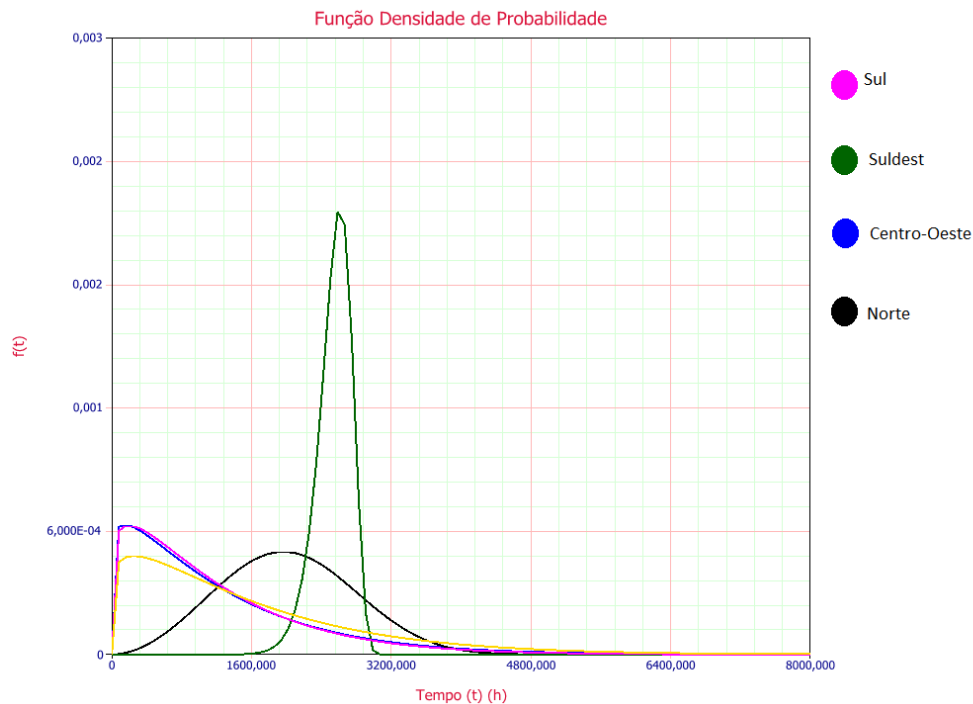
Figura 21 - Gumbel - Modo de falha por Link de internet região Centro-Oeste



FONTE: Autoria própria – ReliaSoft Weibull ++ (2018)

Analisando o modo de falha por rádio, conforme figura 22, é visível como as regiões Sul e Centro-Oeste seguem a mesma tendência, ambas representadas pelas cores rosa e azul. Enquanto as regiões Sudeste e Norte, ilustradas pelas cores verde e preta se diferenciam, demonstrando assim a diferença na frequência dos modos de falha nessas regiões.

Figura 22 - PDF - Modo de falha por rádio

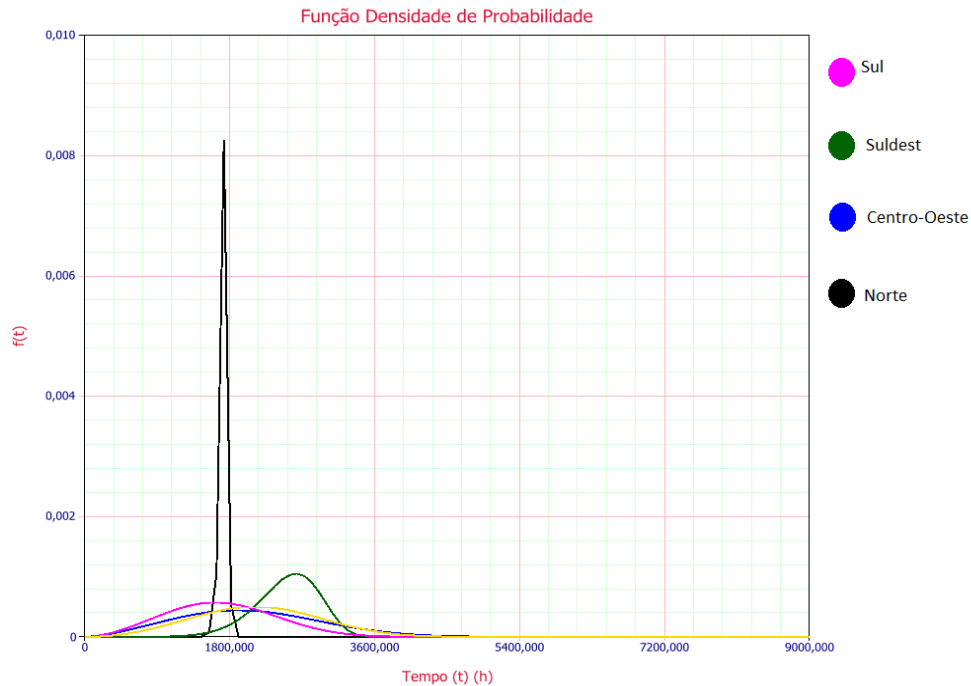


FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++* (2018)

A análise da figura 23 demonstra a ligação direta do modo de falha por rádio em relação às câmeras, como descrito no funcionamento do equipamento no capítulo 3.1 do trabalho.

É notável uma semelhança entre as regiões Sul e Centro-Oeste, que são indicados pelas cores rosa e azul. E entre as regiões Norte e Sudeste é visível um desvio na extensão, representado no gráfico pelas cores preta e verde. Na região Norte a diferença é dada pela quantidade inferior de equipamentos quando comparada às demais regiões. No Sudeste comprova-se graficamente a grande quantidade de ocorrência de falhas por rádio, já mencionadas anteriormente.

Figura 23 - PDF - Modo de falha por câmera



FONTE: Autoria própria – *ReliaSoft Weibull ++* (2018)

O passo seguinte das análises está em realizar o cálculo do MTTF por região, por meio do *software* da *ReliaSoft Weibull++*. Conforme as respostas obtidas no quadro 8, é possível afirmar que há interferência das regiões nos equipamentos, tendo em vista que estão sujeitos a condições climáticas diferentes, embora sejam os mesmos equipamentos.

Quadro 8 - MTTF por região

REGIÃO	MTTF (Horas)
Norte	1573,986008
Centro-Oeste	1421,116889
Sul	1278,043278
Sudeste	1643,319146

FONTE: Autoria própria (2018)

Com esses dados, é possível verificar a necessidade de aprimorar os equipamentos na região Sul, onde o MTTF é o menor, sendo necessário um estudo exclusivo para essa região, a fim de fomentar possíveis causas e soluções.

5.2 - PREVISÕES DE FALHAS

Por meio dos dados adquiridos, calculou-se a confiabilidade de cada localidade, como demonstrado no quadro 9.

Quadro 9 - Confiabilidade

REGIÃO	CONFIABILIDADE 720 HORAS
Norte	0,88500
Centro-Oeste	0,705321
Sul	0,708788
Sudeste	0,837177

FONTE: Autoria própria (2018)

Estuda-se que as extensões Norte e Sudeste têm a probabilidade de falhar no próximo mês de 12% e 17% respectivamente, e as regiões Sul e Centro-Oeste possuem a probabilidade de falhar em 30%.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES

Considerando todas as simulações citadas neste trabalho e analisando detalhadamente os resultados constatou-se que embora os instrumentos sejam os mesmos, eles falham por motivos diferentes em algumas regiões. No Sul, Sudeste e Centro-Oeste foi verificado que a falta de energia é um problema recorrente. Não foi possível identificar claramente se as falhas por este motivo foram realmente falta no ponto de captura ou falta no ponto de monitoramento. Como também nos dados coletados não foi viável identificar se as falhas eram causadas por falta da concessionária, algum problema no *nobreak* ou painel solar. Embora o sistema nacional brasileiro de energia seja interligado, em algumas regiões seria necessário um sistema de *nobreak* mais robusto ou até mesmo uma revisão do alinhamento dos painéis solares que é o sistema de redundância utilizado, pois a confiabilidade destes equipamentos é afetada por situações alheias às manutenções, dependendo das concessionárias de energia de cada localidade.

Na região Norte o gargalo está na transmissão, onde quase 50% das falhas são causadas por indisponibilidade do link de internet, uma oportunidade de melhoria está na negociação destes contratos com as empresas que fornecem os serviços, ou até mesmo buscar soluções alternativas pois a confiabilidade é afetada pela qualidade de serviço das provedoras.

Apurou-se que as falhas são influenciadas pelas regiões. Apesar de serem as mesmas falhas e suas frequências não serem as mesmas, pois os equipamentos não operam sob condições idênticas, havendo diferença de fluxo de veículo, número de faixas por equipamento e temperatura as quais estão expostos.

6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como demonstrado na análise dos dados, a tese indicou alguns pontos a serem aprimorados, como descrito no item 5.1, onde a distribuição de Gumbel demonstrou a acumulação de ocorrências múltiplas em momentos próximos e a discrepância do link de internet na região Sul. Uma análise RAM (*Reliability, Availability, Maintainability*) complementar o estudo.

Mostrou-se também a necessidade de um estudo dedicado à região Sul, já que ela apresenta o menor MTTF e seria indicado uma análise mais detalhada das causas e possíveis soluções.

O registro de umidade e temperatura nos equipamentos possibilitaria novos estudos através de uma nova distribuição regional de equipamentos, toda essa pesquisa foi realizada em divisões regionais geopolíticas, uma outra linha de estudo seria dividir essas regiões pela familiaridade do clima e avaliar a possibilidade de alteração do projeto do equipamento por região.

Como a falta de energia revelou-se um problema preocupante devido a sua representatividade nas falhas, seria também recomendado um desenvolvimento de confiabilidade humana a fim de mitigar erros quanto a classificação destas falhas.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. I. M. **Análise de sobrevivência com o R**. Universidade da Madeira. Dissertação de mestrado. 2014. Disponível em: <<https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/732/1/MestradoAlexandraBorges.pdf>>. Acesso em 4 de novembro de 2018.
- CAMARGO, C. C. B. **Confiabilidade aplicada a sistemas de potência elétrica**. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 1981. xv, 206p
- CAMPOS, L. P. et al. **Estudo da Confiabilidade em uma Ensacadeira no Processo de Embalagem de uma Fábrica de Cimento**. 2012. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_917_20128.pdf>. Acesso em 3 de maio de 2018.
- CONTADOR, J. L.; SENNE, E. L. F. **Testes não paramétricos para pequenas amostras de variáveis não categorizadas: um estudo**. UNESP. Dissertação de pós-graduação. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/2016nahead/0104-530X-gp-0104-530X357-15.pdf>>. Acesso em 31 de outubro de 2018.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. São Paulo, SP: Pioneira Thomson Learning, 2006. xiii, 692 p.
- DIAS, A. **Metodologia para análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos**. Universidade Estadual de Campinas. Tese de doutorado. 1996. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/264791>>. Acesso em 7 de maio de 2018.
- DIAS, A. et al. **Metodologia para análise de risco: mitigação de perda de SF6 em disjuntores**. Vol. 1. F. Brüggemann, Ed. Florianópolis: 2013.
- EIKVIL, L.. - **Optical Character Recognition**. Norwegian, 1993.
- FERREIRA, A. B. H. - Dicionário Aurélio da língua portuguesa. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. L, 2222 p.
- FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. - **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 2 ed. vol. 1. Elsevier Editora Ltda, 2009.
- GUIMARÃES, I. A. **Estatística Aplicada em Confiabilidade**. 2010. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/andruski/Estatistica-Confiabilidade-Notas-de-Aula.pdf/at_download/file>. Acesso em 30 de maio de 2018.
- HERMETO, R. T. **Análise de sobrevivência na modelagem do tempo de vida de redes de sensores sem fio**. UFC. Dissertação de mestrado. 2014. Disponível em: <<http://www.rodrigoteleshermeto.com/rodrigo-master.pdf>>. Acesso em 30 de outubro de 2018.

HERRMANN, L. **Estimação de curvas de sobrevivência para estudo de custo-efetividade.** UFRGS. 2011. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/36793>>. Acesso em 08 de novembro de 2018.

LOPES, C. B. **Determinação da política ótima de manutenção em sistemas reparáveis sujeitos a manutenções imperfeitas.** UFMG. Dissertação de pós-graduação. 2012. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-966F22/cristiane_bastos_lopes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

MAGALHÃES, H. A. **Análise em Alta Resolução de Perfis Magnéticos de Sensores a Laço Indutivo para Classificação de Veículos Automotores.** UFMG. Tese de doutorado. 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8CCF3L>>. Acesso em 4 de maio de 2018.

MATOS, P. Z.; ZOTTI, D. M. - **Análise de Confiabilidade Aplicada à Indústria para Estimações de Falhas e Provisionamento de Custos.** UFPR. 2010. Disponível em: <http://www.coorddest.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/11/PauloMatos_DaianneMazarotti.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2018.

MIRANDA, M. S. **Técnicas paramétricas e não-paramétricas usadas na análise de sobrevivência de Chrysoperla externa.** UFV. Dissertação de pós-graduação. 2012. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4055/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 01 de novembro de 2018.

MITHE, R.; INDALKAR, S.; DIVEKAR, N. **Optical Character Recognition. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE),** Volume-2(Issue-1), 2013.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 4 ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. xvi, 493 p.

NAKAGAWA, T. **Maintenance Theory of Reliability.** 2005. London: Springer Verlag, 269p.

NBR5462 – **Confiabilidade e Manutenibilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas.** 1994.

O'CONNOR, P. P.; KLEYNER, A. - **Practical Reliability Engineering.** 4 ed. Wiley, 2002. 540p.

PALLEROSI, C. A. **Confiabilidade, a quarta dimensão da qualidade. Conceitos básicos e métodos de cálculo.** Reliasoft Brasil, v1. 2006. 354p.

PALLEROSI, C. A. **Confiabilidade, a quarta dimensão da qualidade. Confiabilidade de sistemas. 2007. Reliasoft Brasil, v.4. 158p.**

PIAZZA, G. **Introdução à engenharia da confiabilidade.** Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2000. 128 p.

PORTAL ACTION. Distribuição de Weibull, 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/1033-distribui%C3%A7%C3%A3o-de-weibull>>. Acesso em 8 de maio de 2018.

RELIA SOFT. Weibull++, Disponível em: <<http://www.reliasoft.com.br/Weibull/features1.htm>>. Acesso em 02 de junho de 2018.

RIGDON, S. E.; BASU, A. P. **Statistical Methods for the Reliability of Repairable Systems.** John Wiley and Sons, New York, 2000. 281 p

ROSÁRIO, P. A. G. **ANÁLISE DE VALORES EXTREMOS PARA NÍVEIS PLUVIOMÉTRICOS EM BARCELOS.** Universidade de Lisboa. 2013. Dissertação de mestrado. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/10355/1/ulfc106227_tm_Pedro_Rosario.pdf>. Acesso em 08 de novembro de 2018.

SEIXAS, E. - **Manutenção focada em gestão de ativos, 2012. II Seminário Amazonense de Manutenção.** Disponível em <<http://www.abraman.org.br/sidebar/bibliotecas-e-publicacoes/apostilas-artigos-boletins-e-trabalhos-tecnicos/ii-seminario-amazonense-de-manutencao>>. Acesso em 15 de outubro de 2017

SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D. R. C. **MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE: APLICANDO UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA.** XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr17_0370.pdf>. Acesso em 07 de novembro de 2018.

SILVA, J. R., et al. - **Análise da Confiabilidade: Um Estudo de Caso,** 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_211_252_28289.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2018.

SILVEIRA, C. B. **Introdução à Confiabilidade operacional.** 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/confiabilidade-disponibilidade-maquinas>>. Acesso em 15 de outubro de 2017

GLOSSÁRIO

Buffer: Um *buffer* é uma pequena área de memória ultra-rápida usada para melhorar a velocidade de acesso a um determinado dispositivo.

Equipamento: dispositivo eletrônico necessário para realizar uma atividade; conjunto de material industrial de uma empresa. Neste trabalho se refere aos instrumentos com função OCR.

Glosa: Retirada total ou parcial dos valores descritos em um determinado documento ou de um orçamento.

Radar: Nome popular para dispositivo medidor de velocidade.

Servidor: Um servidor é um sistema de computação centralizada que fornece diferentes serviços a uma rede de computadores. Existem vários tipos de servidores com várias funções diferentes. Os computadores que acessam os serviços de um servidor são chamados clientes, em pequenas e médias empresas é comum se ter um ou mais servidores que acumulem funções, enquanto em grandes empresas tem-se um servidor para cada serviço.

SSID: (*Service Set Identifier*) - Pode ser conhecido como o nome de uma rede sem fio. Ele aumenta a segurança da rede, visto que o invasor teria que conhecer previamente o nome da rede que quer invadir.

UHF: (*Ultra High Frequency*) - significa um sistema de frequência muito alta nas faixas de radiofrequência, que se encontra entre 30 e 300 MHz.

VHF: (*Very High Frequency*) - significa um sistema de frequência muito alta nas faixas de radiofrequência, que funciona na faixa de 300 MHz até 3 GHz.

Windows: é um sistema operacional responsável por gerir e executar processos em computadores.

Sistema WEB: Aplicações projetadas para utilização por meio de um navegador de internet.