

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

FELIPE ALEXSANDER LAUFER

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA
DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO DE TROCA DE
INSTRUMENTOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

FELIPE ALEXSANDER LAUFER

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA
DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO DE TROCA DE
INSTRUMENTOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

Co-orientador: Denis Mazzei

CURITIBA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO DE TROCA DE INSTRUMENTOS

por

FELIPE ALEXSANDER LAUFER

Esta monografia foi apresentada em 03 de Novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Dedico esta Monografia à minha amada esposa
Giovanna e filhos Lucca e Luísa, pelos muitos
momentos de incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Orientador, Prof. Dr. Emerson Rigoni, por todo o apoio e incentivo no decorrer da árdua jornada até o desfecho deste trabalho. Ao Co-orientador, Denis Mazzei, excelente profissional na área da Engenharia da Confiabilidade.

Agradecimento à Instituição UTFPR, onde passei boa parte de minha vida acadêmica. Foram 4 excelentes anos no curso Técnico em Eletrotécnica (1995 a 1999), os quais me deram ótima base para poder cursar Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Paraná.

A todos os professores desta Especialização, cada um contribuiu para o meu aprimoramento pessoal e profissional.

Meu reconhecimento aos profissionais especialistas, técnicos e engenheiros, que se viram envolvidos na penosa tarefa da coleta e tratamento dos dados de vida dos instrumentos.

Não posso deixar de mencionar o apoio recebido da Companhia Paranaense de Energia (Copel), que incentiva seus empregados para um constante aprendizado, por ter financiado parte do curso de Especialização.

Gratulo também os servidores das bibliotecas do Campus Curitiba, sedes Centro e Ecoville, e servidores do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), pelo bom atendimento a mim prestado.

Agradecimento eterno a minha família, pais, irmãos, esposa e filhos, sem eles não teria chegado até este ponto da minha vida.

RESUMO

LAUFER, Felipe Alexsander. **Aplicação da Engenharia da Confiabilidade para determinação do tempo ótimo de troca de instrumentos.** 2017. 87 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho apresenta os cálculos de Engenharia da Confiabilidade para a obtenção da vida média e o tempo ótimo para a troca de instrumentos indicadores, nas usinas hidrelétricas da Companhia Paranaense de Energia (Copel). Mostra as várias etapas de uma análise de dados de vida, até a obtenção dos resultados, utilizando as ferramentas do *software* Weibull++ da ReliaSoft e estimativa de parâmetros Weibull utilizando o método da máxima verossimilhança, aplicados à Distribuição Weibull. Os cálculos mostraram-se reveladores, apontando a falhas prematuras em determinada usina, causadas por operação acima da temperatura especificada pelo fabricante. Com os resultados e análises finais, os instrumentos indicadores apontaram uma elevada confiabilidade, para as premissas definidas neste trabalho.

Palavras-chave: Instrumentação. Instrumento. Indicador. Confiabilidade. Tempo médio até falhar.

ABSTRACT

LAUFER, Felipe Alexander. **Application of Reliability Engineering for determining the optimal time of instrument replacement**. 2017. 87 sheets. Monograph (Specialization in Reliability Engineering) – Federal University of Technology – Parana (UTFPR). Curitiba, 2017.

This paper presents the calculations of Reliability Engineering for obtaining the mean life and the optimal time of indicators replacement, in the hydroelectric plants of Companhia Paranaense de Energia (Copel). It shows the various steps of life data analysis, until the results are obtained, using the Weibull++ software tools from ReliaSoft and estimation of Weibull parameters using the maximum likelihood method, applied to the Weibull Distribution. The calculations proved to be revealing, pointing to premature failures in a given power plant, caused by operation above the temperature specified by the manufacturer. With the results and final analysis, the instruments indicated a high reliability, for the premises defined in this paper.

Keywords: Instrumentation. Instrument. Indicating. Reliability. Mean time to failure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Tabela para levantamento de dados de vida dos instrumentos	20
Figura 2.1 - Indicador analógico à esquerda e digital à direita	21
Figura 2.2 – Controlador Digital da marca Presys	22
Figura 2.3 – Diferentes tipos de indicadores digitais	23
Figura 2.4 – Opções de entradas analógicas disponíveis em indicadores de marcas diferentes.....	24
Figura 2.5 – Relé <i>SPDT</i> e seu respectivo diagrama elétrico	25
Figura 2.6 – Diagrama de conexões	26
Figura 3.1 – Curvas da Função Densidade de Probabilidade (<i>pdf</i>).....	30
Figura 3.2 – Curva da Função Densidade de Probabilidade (<i>pdf</i>), entre pontos <i>a</i> e <i>b</i>	31
Figura 3.3 – Relação entre as curvas <i>pdf</i> e <i>cdf</i>	32
Figura 3.4 – Dados completos.....	33
Figura 3.5 – Dados censurados à direita (suspensos)	33
Figura 3.6 – Dados censurados à esquerda.....	34
Figura 3.7 – Dados censurados em intervalo	35
Figura 3.8 – Curva hipotética do Ciclo de Vida (Curva da Banheira)	36
Figura 3.9 – Efeitos dos parâmetros β (a), η (b) e γ (c) nas funções densidade de probabilidade (<i>pdf</i>)	39
Figura 4.1 – Teste de aderência para todos os dados de vida dos instrumentos.....	45
Figura A.1 – Planilha dos dados de vida	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Gráfico da função <i>pdf</i> para todos os instrumentos.....	47
Gráfico 4.2 – Gráfico da função <i>cdf</i> para todos os instrumentos.....	47
Gráfico 4.3 – Gráfico da Confiabilidade vs. Tempo (todos os instrumentos).....	54
Gráfico 4.4 – Probabilidade Falha vs. Tempo (todos os instrumentos).....	55
Gráfico 4.5 – Taxa de Falha vs. Tempo.....	57
Gráfico B.1 – Confiabilidade vs. Tempo.....	82
Gráfico B.2 – Probabilidade <i>Weibull</i>	83
Gráfico B.3 – Probabilidade de Falha vs. Tempo (t=15 anos).....	84
Gráfico B.4 – Probabilidade de Falha vs. Tempo (t=100 anos).....	85
Gráfico B.5 – Função Densidade de Probabilidade (<i>pdf</i>).....	86
Gráfico B.6 – Taxa de Falha vs. Tempo.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Estatísticas <i>Weibull</i>	38
Quadro 4.1 – Parâmetros calculados distribuição <i>Weibull</i> , para dados de todos os instrumentos.....	46
Quadro 4.2 – <i>MTTF</i> calculado para todos os instrumentos.....	48
Quadro 4.3 – Relatório com valor de $R(t=15\text{anos})$ - todos os instrumentos.....	49
Quadro 4.4 – Relatório com valor de $Q(t=15\text{anos})$ - todos os instrumentos.....	50
Quadro 4.5 – Relatório com valor de $R(t=100.000\text{h})$ - todos os instrumentos.....	51
Quadro 4.6 – Relatório com valor de $Q(t=100.000\text{h})$ - todos os instrumentos	52
Quadro 4.7 – Relatório com valor de $R(t=100.000\text{h})$	53
Quadro 4.8 – Relatório resumo com valores calculados - UHEGNB.....	56
Quadro 4.9 – Relatório resumo com valores calculados - todos os instrumentos, exceto UHEGNB	58
Quadro 4.10 – Comparação entre os resultados de confiabilidade	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores de referência, em Reais, para a modernização de unidade geradora de usina de grande porte	27
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

Gov. Governador

LISTA DE SIGLAS

cdf	<i>Cumulative Distribution Function</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
GeT	Geração e Transmissão
ISA	<i>International Society of Automation</i>
LDA	<i>Life Data Analysis</i>
MLE	<i>Maximum-Likelihood Estimation</i>
MTTF	<i>Mean Time to Failure</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
pdf	<i>Probability Density Function</i>
QCP	<i>Quick Calculation Pad</i>
RTD	<i>Resistance Temperature Detector</i>
SDSC	Sistema Digital de Supervisão e Controle
SPDT	<i>Single Pole Double Throw</i>
UHEART	Usina Hidrelétrica Governador Arturo Andreoli
UHECAV	Usina Hidrelétrica Cavernoso
UHECIM	Usina Hidrelétrica Chopim I
UHEDRJ	Usina Hidrelétrica Derivação do Rio Jordão
UHEFCH	Usina Hidrelétrica Foz do Chopim
UHEFND	Usina Hidrelétrica Fundão
UHEGJC	Usina Hidrelétrica Governador Jaime Canet Júnior
UHEGJR	Usina Hidrelétrica Governador José Richa
UHEGNB	Usina Hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga
UHEMUA	Usina Hidrelétrica Mauá
UHESCL	Usina Hidrelétrica Santa Clara

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANAOCO	Análise de Ocorrências
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Copel	Companhia Paranaense de Energia
OMNI	Operação e Manutenção Integrados
SIN	Sistema Interligado Nacional
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω – Resistência elétrica (ohm)

$^{\circ}\text{C}$ – Graus Celsius

∞ – Infinito

λ – Lambda. Refere-se à taxa de falhas

β – Beta. Refere-se ao parâmetro de forma da Distribuição Weibull

η – Eta. Refere-se ao parâmetro de escala da Distribuição Weibull

γ – Gamma minúsculo. Refere-se ao parâmetro de localização da Distribuição Weibull

Γ – Gamma maiúsculo. Refere-se à Distribuição Gamma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA DE PESQUISA	15
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Objetivo Geral.....	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	OBJETO DE PESQUISA	21
2.1	FUNCIONALIDADES DO INSTRUMENTO INDICADOR DIGITAL DE PROCESSOS.....	24
2.2	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	27
2.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	27
3	REFERENCIAL TEÓRICO	28
3.1	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA (<i>LDA</i>)	29
3.2	DADOS E TIPOS DE DADOS	32
3.3	CURVA DA BANHEIRA.....	35
3.4	DISTRIBUIÇÃO <i>WEIBULL</i>	36
3.5	ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS	40
3.6	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	41
4	DESENVOLVIMENTO	41
4.1	ETAPAS DA ANÁLISE DE DADOS DE VIDA	42
4.1.1	Coleta de Dados.....	42
4.1.2	Análise dos Dados.....	42
4.1.3	Formatação dos dados – premissas e considerações.....	42
4.2	RESULTADOS DA ANÁLISE DE DADOS DE VIDA - CÁLCULOS DE CONFIABILIDADE	44
4.2.1	Resultados esperados.....	44
4.2.2	Resultados obtidos	44
4.2.2.1	Resultados calculados para todos os dados de vida – considerando todas as usinas	46
4.2.2.2	Resultados calculados para os instrumentos 1 a 15 da UHEGNB	55
4.2.2.3	Resultados calculados para todos os instrumentos, exceto UHEGNB ..	57
4.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	61
5	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A - PLANILHA COM OS DADOS DE VIDA DA POPULAÇÃO DE INSTRUMENTOS INDICADORES	66
	APÊNDICE B - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS TRÊS ANÁLISES	81

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho irá demonstrar de maneira prática e com uma análise quantitativa de dados através da análise de dados de vida (*LDA – Life Data Analysis*), a confiabilidade de um instrumento de processo, tendo como resultado principal a ser analisado o *Mean Time to Failure (MTTF – tempo médio até a falha)*, suas consequências na geração de energia e decisões de mantê-lo ou não no parque gerador da Companhia Paranaense de Energia (Copel), negócio Geração e Transmissão (GeT).

1.1 TEMA DE PESQUISA

Processos industriais, sejam eles simples ou complexos, necessitam de controle para garantir o padrão e a qualidade dos produtos. Os componentes que podem garantir tais requisitos são os instrumentos de processo. Através deles medidas vitais como pressão, temperatura e níveis de ingredientes são mantidas monitoradas e controladas dentro de parâmetros estabelecidos.

Um bom exemplo é o refrigerante feito de cola. Ele será o mesmo se for tomado no Brasil ou em outras partes do globo, apresentando o mesmo sabor, cor, quantidades de ingredientes, entre outras propriedades.

“O termo “instrumentação”, de acordo com a engenharia, está associado ao estudo teórico e prático dos instrumentos e seus princípios científicos. São usados para monitorar de forma contínua ou discreta o comportamento de variáveis de controle que, de alguma forma, venham interessar ao homem nas diversas áreas do conhecimento humano aplicado, ou seja, não apenas nos processos produtivos industriais.” (FIALHO, 2010, p. 13)

A instrumentação industrial está envolvida no processo de transformação da matéria prima em produto ou sub-produto. Processos estes que necessitam ser controlados e mantidos dentro de parâmetros pré-definidos das grandezas envolvidas e que irão interferir direta ou indiretamente na qualidade do produto final.

A evolução da instrumentação vem acompanhada do princípio da era industrial que exigia somente o controle manual das variáveis dos processos, que foram tornando-se cada vez mais complexos e exigindo uma melhor medição e por

consequência, maior controle. O controle evoluiu do manual para o mecânico e hidráulico, pneumático, elétrico, eletrônico e atualmente, o controle digital de processos. (TEIXEIRA, 2011, p. 4)

Segundo definição da Norma *International Society of Automation 5.1 (ISA5.1) - Instrumentation Symbols and Identification*, instrumentação é um conjunto de instrumentos, dispositivos, hardware, ou funções ou suas aplicações com o propósito de medir, monitorar ou controlar um processo industrial ou máquina, ou qualquer combinação destes.

Um instrumento é um dispositivo que é utilizado para medir, indicar, transmitir ou controlar as grandezas dos processos, sendo que as principais variáveis são: Temperatura, Pressão, Nível e Vazão.

A abordagem do trabalho será concentrada nos instrumentos de determinada marca, a qual não vai ser mencionada no trabalho, que têm por função a monitoração de uma entrada standard universal, sendo utilizados para medir e monitorar rotação, pressão, fluxo, nível e, principalmente, temperatura nos processos das usinas hidroelétricas da Copel GeT. Estes instrumentos, além de funcionar como indicadores das grandezas, funcionam, como transdutores – pelo fato de converter o sinal recebido pelo sensor primário em outra forma de sinal, capaz de ser lida e interpretada pelo Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Serão aplicadas neste trabalho ferramentas de confiabilidade e estatística para análise e validação dos resultados das falhas dos instrumentos descritos acima, tais como *LDA*, *MTTF*, com dados históricos desde 1999 até 2017.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O universo das concessionárias de energia, no qual a Copel GeT se enquadra, é regido principalmente pelas normas, regulamentos e fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o qual coordena e controla a operação de geração e transmissão, no âmbito do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Mesmo um “simples” instrumento de campo, como o que está sendo abordado no trabalho, pode acarretar no desligamento de um gerador de grande porte.

Para evitar a perda de receita por falta de geração ou por muitas oriundas do não fornecimento de energia elétrica ao SIN, um bom planejamento da Operação e Manutenção deverá ser executado. Como mencionado, um “simples” instrumento pode acarretar em grandes perdas para a empresa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar os dados de vida de um instrumento indicador digital instalado nas usinas hidrelétricas da Companhia Paranaense de Energia (Copel) e propor o momento ideal para sua substituição.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Obter o *MTTF* e validar os resultados obtidos através das análises dos dados de vida, com base em dados históricos de suspensões e falhas registrados no sistema de gerenciamento interno¹ da Copel GeT;
- Conhecer o tempo ideal de substituição dos equipamentos e as quantidades de falhas esperadas para determinado período além da vida atual. Com a obtenção do *MTTF*, as análises se desdobrarão em muitas outras.

¹ Sistema OMNI (Operação e Manutenção Integrados): Sistema interno da Copel GeT, utilizado para de gestão de operação e manutenção integrados.

1.4 JUSTIFICATIVA

A necessidade de um estudo aprofundado para a análise de falhas nos instrumentos surgiu em uma reunião de Análises de Ocorrências (ANAOCO), a qual estava analisando uma ocorrência de desligamento na unidade geradora 3 (ocorrência 115/2013), da Usina Hidrelétrica Governador José Richa (UHEGJR) transcrita a seguir:

“Às 06h41 (02/11/13), atuou o alarme de temperatura muito alta do Patim 10 do Mancal guia gerador da unidade geradora 3, seguido de *Trip*² do relé de bloqueio 86M-QCR. A unidade geradora estava em compensador síncrono na ocasião.

Avaliado pela manutenção que o *Trip* foi indevido: as temperaturas dos demais patins estavam com valores normais; os eventos de temperatura alta no patim 10 e de *Trip* aconteceram ao mesmo tempo. O alarme de temperatura alta e o *Trip* de temperatura estão configurados com uma diferença de 5 graus Celsius, e o fato deles terem ocorrido ao mesmo tempo, indica uma possível falha na instrumentação/medição. Verificado no display do controlador XX do patim 10 que a medição de temperatura estava instável (oscilando na ordem de 4 graus), o que não ocorria no patim 3.

Foram verificadas as conexões do circuito do RTD³ do patim 10 no instrumento, não sendo constatada nenhuma anormalidade; as demais conexões do instrumento até o RTD são feitas através de bornes com solda. Não foi constatada anormalidade no valor de resistência.

O *Trip* foi desconectado no instrumento (XX) localizado no painel PBG e a unidade foi liberada para a operação (09h37, 02/11/13)...”

Com base neste desligamento da UHEGJR e por desligamentos similares em outras usinas, causados, aparentemente pelo equipamento em questão, que

² Definição de *trip* do Dicionário Oxford: (of part of an electric circuit) disconnect automatically as a safety measure.

‘the plugs will trip as soon as any change in current is detected’. Desligamento automático.

³ RTD: *Resistance Temperature Detector*. Termorresistência PT-100, é um sensor de platina que mede a temperatura de um corpo qualquer e apresenta uma resistência elétrica de 100Ω a 0°C.

surgiu a necessidade de um estudo mais aprofundado, resultando na seguinte demanda:

“Realização de estudo abrangente no âmbito da Copel Geração sobre a quantidade de equipamentos similares (...) instalados nas usinas e o histórico de falhas, para permitir uma avaliação detalhada de desempenho desses equipamentos e subsidiar eventual decisão de substituição.”

Ou seja, a Copel GeT desconfiada sobre a boa qualidade e a confiabilidade dos instrumentos da marca XX, encomendou um estudo estatístico para esta demanda.

Para se tomar como exemplo monetário, vamos analisar a mesma unidade geradora 3 da UHEGJR, na ocorrência 115/2013, que ficou desconectada do SIN por 2h e 56min. Considerando que o gerador estava operando como compensador síncrono, chegamos ao valor de aproximadamente R\$3.326,28 somente neste desligamento, somente nesta unidade, somente nesta usina.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho será uma análise quantitativa dos dados de vida, com base em coleta de dados históricos para formação e formatação de banco de dados, com uma análise de *LDA* através do *software* Weibull++ da ReliaSoft, seguindo a seguinte cronologia:

- Formatação de uma tabela, conforme ilustrado Figura 1.1, para agilizar a coleta das informações e organizá-las, para uma melhor análise visual e posterior exportação dos dados para o programa Weibull++;
- Envio da tabela para os especialistas de cada usina;
- Coleta dos dados de vida dos instrumentos;
- Pré análise dos dados recebidos;
- Formatação dos dados de falhas e suspensões, trazendo-os para a mesma base de tempo (dias);
- Análises de confiabilidade no *software* Weibull++;
- Conclusões.

Figura 1.1 - Tabela para levantamento de dados de vida dos instrumentos

LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS											
ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	MARCA	MODELO	NÚMERO DE SÉRIE	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	FAIXA DE MEDIÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO ATUAL	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO

Fonte: o autor, 2015.

Na Figura 1.1 os principais dados para a obtenção do *MTTF* são os tempos de operação do equipamento (falha ou suspensão), colunas “PERÍODO DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO ATUAL” e “PERÍODO DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO ANTERIOR”, podendo o estudo ser estratificado para todas as usinas da Copel GeT, ou usina por usina etc.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será dividido em 5 Capítulos, sendo:

- Capítulo 1: Introdução. Apresentação do tema de pesquisa, com seus problemas e premissas, exibindo os objetivos gerais e específicos esperados pelo trabalho, com a aplicação de análises e métodos estatísticos, tudo oriundo de uma necessidade de uma empresa do setor de energia;
- Capítulo 2: Objeto de Pesquisa. Apontar as funcionalidades do instrumento em estudo: especificações técnicas, funções principais, dados do fabricante etc;
- Capítulo 3: Referencial Teórico. Evidenciar no trabalho a teoria que será aplicada nos estudos;
- Capítulo 4: Desenvolvimento. Demonstrar as etapas da *LDA*, desde a coleta de dados até as análises finais e pré conclusões, exibindo os resultados obtidos;
- Capítulo 5: Conclusões. Apontamento das análises dos resultados obtidos no Capítulo 4 e conclusões finais, se os mesmos foram os atingidos/esperados.

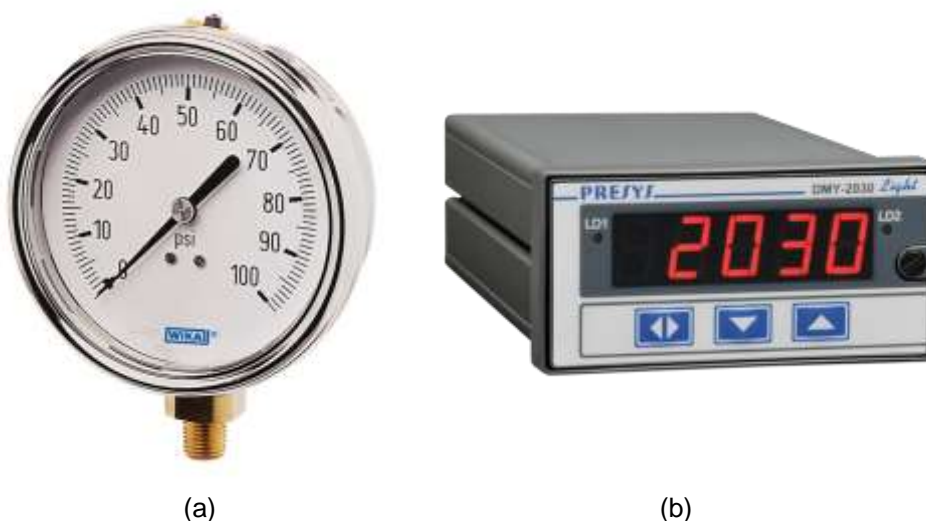
2 OBJETO DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o instrumento indicador digital, objeto deste estudo, com base em definições de normas internacionais, nos dando meios para diferenciá-lo de um controlador. Além disto, serão apresentadas suas funcionalidades e onde e como é utilizado.

O equipamento é visto na Companhia Paranaense de Energia (Copel), negócio Geração e Transmissão (GeT), como sendo um controlador, porém não é esta a função real do instrumento. De acordo com as definições da instrumentação o equipamento pode ser avaliado como um transdutor indicador/monitor, como será visto a seguir.

Conforme a definição da Norma *International Society of Automation 5.1 (ISA5.1) - Instrumentation Symbols and Identification*, equipamento monitor é aquele que mede uma magnitude de uma variável e a indica de maneira visual, através de um ponteiro (analógico) ou em forma de dígitos ou barras gráficas (digital). A Figura 2.1 mostra os dois tipos de indicadores, analógico (a) e digital (b).

Figura 2.1 - Indicador analógico à esquerda e digital à direita



Fonte: (a) Wika, 2017. (b) Presys, 2017.

O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) define instrumento de medição indicador, como sendo “instrumento de medição que fornece um sinal de saída contendo informações sobre o valor da grandeza medida” (VIM, 2012, p. 34),

podendo até mesmo ser definido como instrumento de medição mostrador, “em que o sinal de saída é apresentado de maneira visual” (VIM, 2012, p. 34).

Nosso objeto de pesquisa irá receber sinais em forma de resistência elétrica, no caso da termorresistência, e irá transformar em sinal de corrente elétrica (com variação de 4 a 20mA), que será transmitido ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) e interpretado pelo mesmo.

Segundo Dunn (2013, p. 5) “controladores são dispositivos que monitoram sinais de transdutores e atuam de forma adequada para manter o processo dentro de limites especificados [...] ativando e controlando os atuadores necessários”. Para Bega et. al. (2011, p. 5) “são instrumentos que comparam o valor da variável medida/controlada com o valor desejado (set point ou ponto de ajuste) e exercem uma ação de correção na variável [...]”. A Figura 2.2 ilustra um controlador.

Figura 2.2 – Controlador Digital da marca Presys



Fonte: Presys, 2017.

Visualmente, porém, nota-se que o objeto de pesquisa mostrado na Figura 2.1 (b) (indicador digital universal) é muito semelhante ao instrumento controlador de processos da mesma marca, o que pode levar aos erros comuns de nomenclatura (indicador *versus* controlador) cometidos na Copel GeT.

De acordo com as definições apresentadas pode-se concluir que, de fato, nosso estudo está baseado em um equipamento que não é um controlador, pois sua saída não irá atuar nos pontos de ajuste do processo, sendo “somente” um instrumento de medição indicador do que está sendo medido em campo pelo

elemento sensor primário⁴, fornecendo um sinal de saída de maneira visual. A seguir serão apresentadas as diversas funcionalidades do objeto de estudo.

Figura 2.3 – Diferentes tipos de indicadores digitais



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: (a) Tecsystem, 2017. (b) Presys, 2017. (c) Wika, 2017. (d) Novus, 2017

⁴ Elemento sensor primário: definido pelo VIM como “elemento dum sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida.” Exemplos: termorresistência, termômetro, sensor de pressão tipo membrana etc.

A Figura 2.3 mostra os diferentes indicadores digitais, de marcas distintas. O que pode induzir facilmente ao erro de compará-los com controladores. Daí a necessidade de se conhecer o objeto de estudo ou de aplicação em sua área de trabalho, de qualquer maneira, manuais sempre estão disponíveis.

2.1 FUNCIONALIDADES DO INSTRUMENTO INDICADOR DIGITAL DE PROCESSOS

As configurações do instrumento indicador digital são inúmeras, com ampla lista de entradas e saídas possíveis. Podemos utilizá-los somente como indicadores de processo, exercendo a função de monitoramento, ou incrementar seu uso, explorando as funções de alarme e desligamento. Tais saídas visam proteger equipamentos de grande valor agregado no setor de energia elétrica, como transformadores de potência, geradores de energia, mancais de uma turbina etc. Possui vasta lista de tipos de entradas possíveis, como: termopares, termorresistências (RTD), sinais lineares de tensão e corrente, mostradas a seguir na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Opções de entradas analógicas disponíveis em indicadores de marcas diferentes

Sensor de Entrada	Faixa			
	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior
	°F	°F	°C	°C
Termopar				
Tipo J	-184,0	1886,0	-120,0	1030,0
Tipo K	-346	2498	-210	1370
Tipo T	-418	752	-250	400
Tipo E	-148,0	1436,0	-100,0	780,0
Tipo R	-58	3200	-50	1760
Tipo S	-58	3200	-50	1760
Termorresistência				
Pt-100 a 3 fios	-346,0	1256,0	-210,0	680,0*
Linear				
		Faixa	Resolução	
Tensão		0 a 55 mV	3 µV	
		1 a 5 V	250 µV	
		0 a 10 V	500 µV	
Corrente		4 a 20 mA	1 µA	

TIPO	CÓDIGO	FAIXA DE MEDIÇÃO
J	tc J	Faixa: -110 a 950 °C (-166 a 1742 °F)
K	tc P	Faixa: -150 a 1370 °C (-238 a 2498 °F)
T	tc t	Faixa: -160 a 400 °C (-256 a 752 °F)
N	tc n	Faixa: -270 a 1300 °C (-454 a 2372 °F)
R	tc r	Faixa: -50 a 1760 °C (-58 a 3200 °F)
S	tc S	Faixa: -50 a 1760 °C (-58 a 3200 °F)
B	tc b	Faixa: 400 a 1800 °C (752 a 3272 °F)
E	tc E	Faixa: -90 a 730 °C (-130 a 1346 °F)
Pt100	Pt	Faixa: -200 a 850 °C (-328 a 1562 °F)
0-20 mA	LQ20	Sinal Analógico Linear Indicação programável de -1999 a 9999.
4-20 mA	L420	
0-50 mV	LQ50	
0-5 Vcc	LQ5	
0-10 Vcc	LQ10	
4-20 mA NÃO LINEAR	Ln J Ln P Ln t Ln n Ln r Ln S Ln b Ln E LnPt	Sinal Analógico não-Linear Faixa de indicação de acordo com o sensor associado.

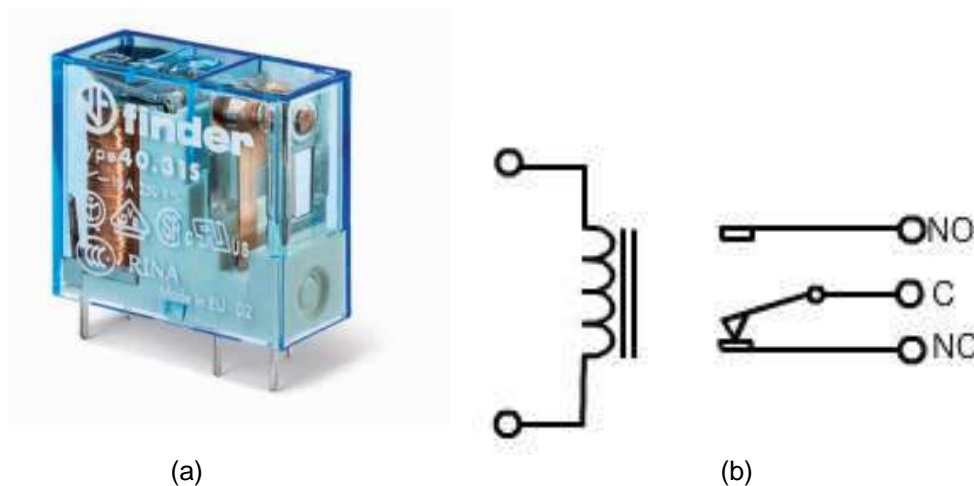
(a)

(b)

A Figura 2.4 (a) é do indicador da marca Presys modelo 2030-Light, e a Figura 2.4 (b) é da marca Novus modelo N1040i e mostram que as entradas digitais e analógicas de dois equipamentos de marcas distintas, assumem, basicamente, as mesmas configurações.

Na Copel GeT as entradas mais utilizadas são as de RTDs PT-100, enquanto as saídas dos indicadores são as retransmissoras (4 a 20mA) e relé *SPDT*⁵ (*Single Pole Double Throw*), Figura 2.5 (a). A diferença entre as saídas, basicamente, é que no relé *SPDT* o alarme é gerado fisicamente através do fechamento de um contato no próprio instrumento (mudança de estado de normal aberto para normal fechado, ou vice-versa), visualizado na Figura 2.5 (b), enquanto a saída retransmissora é integrada ao sistema digital da usina, onde a automação, via Controladores Lógicos Programáveis (CLP), será responsável por gerar o alarme ou desligamento, caso configurado.

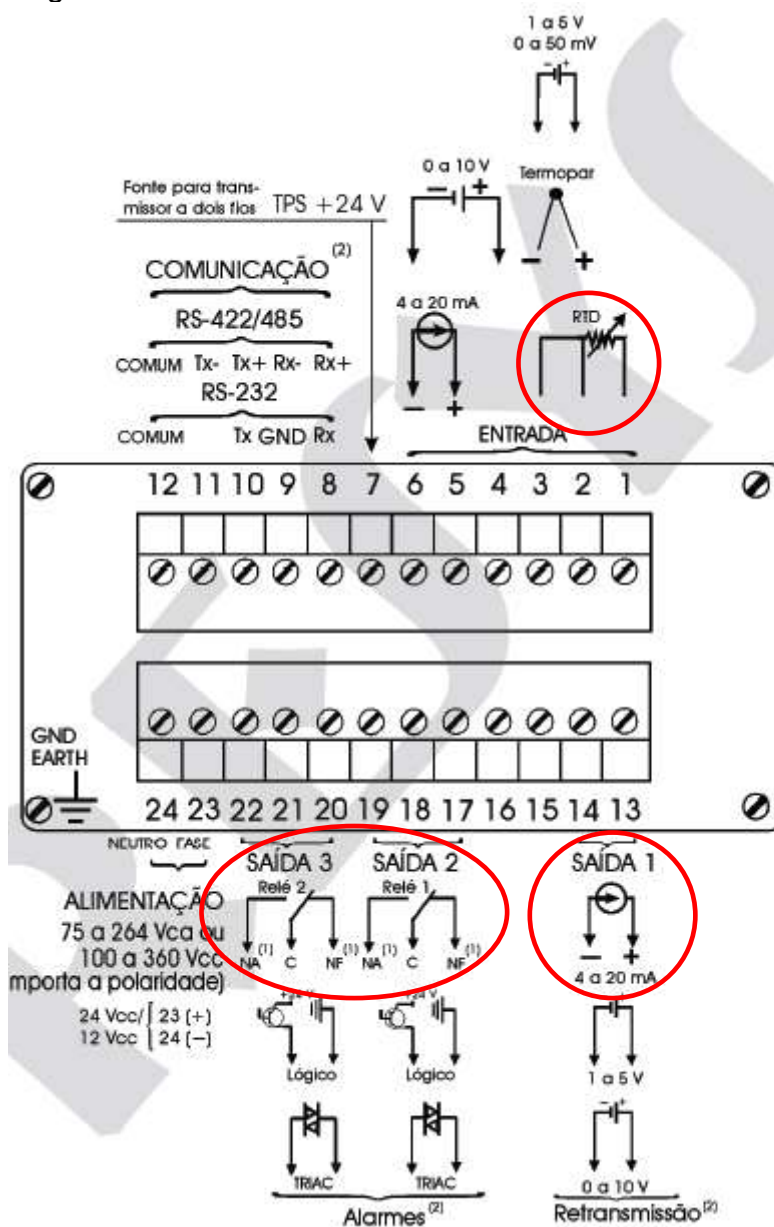
Figura 2.5 – Relé *SPDT* e seu respectivo diagrama elétrico



Fonte: (a) Finder, 2017. (b) SiongBoon, 2017.

⁵ Relé *SPDT* (*Single Pole Double Throw*): nomenclatura comumente utilizada na engenharia para definir uma chave de três terminais, polo simples acionamento duplo, no qual a saída muda de estado quando a bobina do relé é acionada eletricamente (recebe tensão elétrica).

Figura 2.6 – Diagrama de conexões



Fonte: Presys, 2017.

A Figura 2.6 demonstra de maneira bem didática o esquema de ligações do indicador digital da marca Presys, modelo DMY-2030 Light, visto pela parte traseira do equipamento. O diagrama de ligações nos mostra todas as entradas e saídas disponíveis, sendo as mais utilizadas: entradas para RTDs PT-100 a 3 fios, saída retransmissora 4 a 20mA e saída relé SPDT.

2.2 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A Copel GeT utiliza os indicadores digitais para a proteção de seus principais ativos físicos, incluindo reguladores de tensão e velocidade, turbinas, geradores, barragens etc.

Tabela 2.1 – Valores de referência, em Reais, para a modernização de unidade geradora de usina de grande porte

Conjunto	Valores (R\$)
Turbina, regulador de tensão e regulador de velocidade	33 milhões
Gerador	9 milhões

Fonte: o autor, 2017.

Os valores da Tabela 2.1 são referentes à modernização de uma unidade geradora de uma usina de grande porte – valores baseados no ano de 2015 – a qual visava a substituição da turbina tipo Francis de eixo vertical e seus sistemas auxiliares, como regulador de tensão e regulador de velocidade. No caso do gerador os serviços executados foram os de substituição das barras estatóricas.

As cifras envolvidas nos principais ativos físicos da Copel GeT são muito maiores do que o valor do equipamento que os protege, o que demonstra um dos pilares deste trabalho e a preocupação da empresa em continuar mantendo em seu parque gerador o instrumento da marca atual, ou substituí-lo.

No capítulo 4 será apresentado de maneira mais completa onde estão instalados os instrumentos indicadores, e quais sistemas/equipamentos estão sendo monitorados e protegidos.

2.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram vistas as diferenças entre um instrumento controlador e um instrumento indicador, sendo o último, o tema de estudo deste trabalho. Sabendo diferenciá-los, foi verificado sua aplicação na Copel GeT e suas principais funcionalidades e configurações, tanto de entradas como de saídas, digitais e analógicas.

Sabendo-se as funcionalidades do indicador, podemos nos atentar melhor para os diferentes modos de falha que o mesmo possa vir a apresentar, podendo analisar de maneira mais completa os resultados que serão apresentados no capítulo 4.

No próximo capítulo será tratado do referencial teórico, mostrando a base da estatística, assim como a definição do que é Análise de Dados de Vida, justificando sua aplicação neste trabalho e as relações com a Engenharia da Confiabilidade. Demais teorias: tipos de dados na estatística, curva da banheira, método da Estimativa da Máxima Verossimilhança, Distribuição *Weibull*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que os objetivos do trabalho sejam alcançados e uma correta análise dos dados de vida do equipamento seja feita, será apresentada uma breve teoria sobre estatística, com conceitos básicos relacionados à Engenharia da Confiabilidade, suficiente para o desenvolvimento dos estudos.

- Estatística: Funções Densidade de Probabilidade (*pdf*) e Distribuição Acumulada (*cdf*), histograma etc;
- Dados e tipos de dados e como eles se relacionam com o Método da Estimativa por Máxima Verossimilhança (*Maximum-Likelihood Estimation – MLE*);
- Engenharia da Confiabilidade: tempo médio até falhar, taxa de falhas, função confiabilidade;
- Curva da banheira;
- Distribuição *Weibull*;
- Estimativas de parâmetros.

Para uma empresa não deixar de ser competitiva no mercado e obter sucesso com seus produtos e sistemas é fundamental que se conheçam os dados de confiabilidade, sejam eles taxa de falhas, tempos até falhar etc.

O consumidor está muito antenado e muito mais bem informado se comparado a alguns anos. A satisfação de clientes em potencial deve ser levada em conta, caso uma companhia queira se manter no mercado por muito tempo. A

estatística nos mostra que se um cliente estiver satisfeito com a confiabilidade do produto ele irá contar para 8 outras pessoas, caso contrário, irá espalhar sua insatisfação para outras 22! (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p. 6)

Pensando em sua reputação e, acima de tudo, para evitar catástrofes a empresa Boeing foi uma das primeiras a aplicar os conceitos de Engenharia de Confiabilidade em seus equipamentos, tanto que hoje é uma organização com grande credibilidade. (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p. 6)

Uma das áreas da Engenharia da Confiabilidade é a Análise de Dados de Vida de um equipamento/produto/sistema, do inglês *Life Data Analysis (LDA)*, a qual foi aplicada no objeto de nosso estudo e será abordada a seguir.

3.1 ANÁLISE DE DADOS DE VIDA (LDA)

A Análise de Dados de Vida permite-nos fazer estimativas através da utilização de uma distribuição estatística (modelo). O resultado de uma LDA é sempre um valor estimado e a função da Engenharia da Confiabilidade, juntamente com uma correta LDA, é estimar estes resultados o mais precisamente possível.

“A Análise de Dados de Vida compreende os conceitos estatísticos fundamentais para se analisar e calcular as medidas da Engenharia da Confiabilidade. Como a maioria dos eventos, (ex. Falhas, Acidentes, Execução de um Reparo), não são determinísticos e sim eventos que ocorrem de maneira probabilística, necessitamos utilizar ferramentas matemáticas e estatísticas para modelar este comportamento e assim poder tomar decisões precisas em relação a estes eventos probabilísticos.” (Reliasoft, 2007, p. 11)

Modelos de dados de vida, distribuições estatísticas, representam o comportamento de vida de certa população, produto ou sistema e a função matemática que a descreve é a Função Densidade de Probabilidade (*Probability Density Function – pdf*), dada como $f(x)$, da variável aleatória X e que satisfaz a função (Inferência Estatística – tradução da 2ª edição norte americana, 2011, p.33):

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx, \quad \text{para todo } x$$

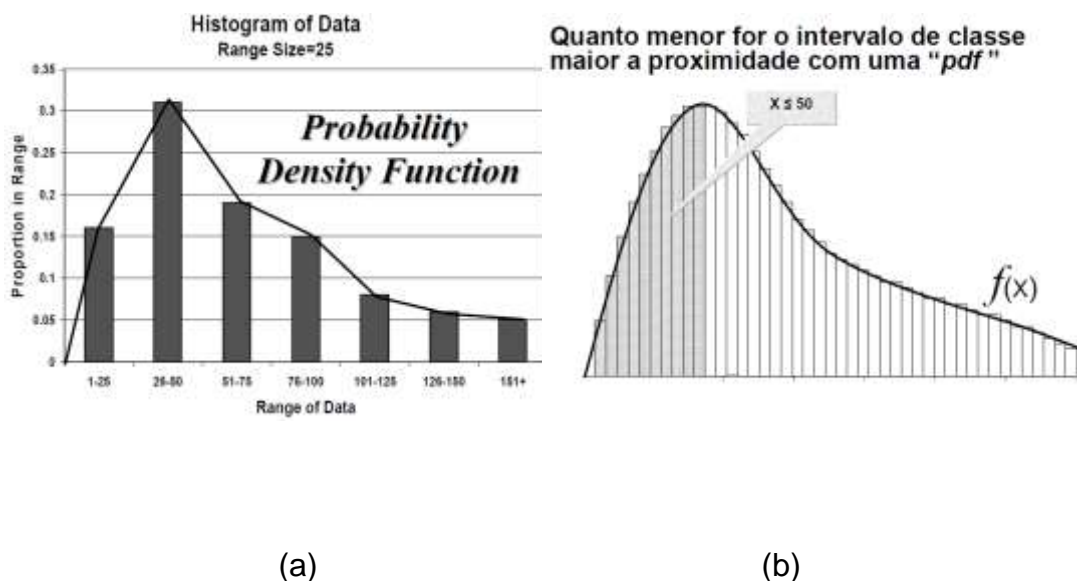
3.1

Onde $F(x)$ é a Função Distribuição Acumulada, que será descrita a seguir.

Algumas destas funções comumente utilizadas para as análises de dados de vida são: *Weibull*, lognormal, normal, exponencial etc.

A Figura 3.1, mostra a representação gráfica plotada por um histograma⁶ genérico.

Figura 3.1 – Curvas da Função Densidade de Probabilidade (pdf)



Fonte: ReliaSoft, 2008.

Note que na Figura 3.1 (a) o histograma, com certos intervalos de dados começa a nos mostrar uma forma de uma *pdf*. Como mostrado no documento da empresa ReliaSoft (2008), a medida em que alteram-se os intervalos, deixando-os menores, a proximidade com uma *pdf* fica muito mais evidente, como mostra a Figura 3.1 (b).

Outra função importante é a Função Distribuição Acumulada (*Cumulative Distribution Function – cdf*), que representa os valores acumulados da *pdf*, isto é, “...o valor de um ponto na curva da *cdf* representa a área abaixo da função *pdf*, à esquerda deste ponto.” (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p. 12). A função é dada

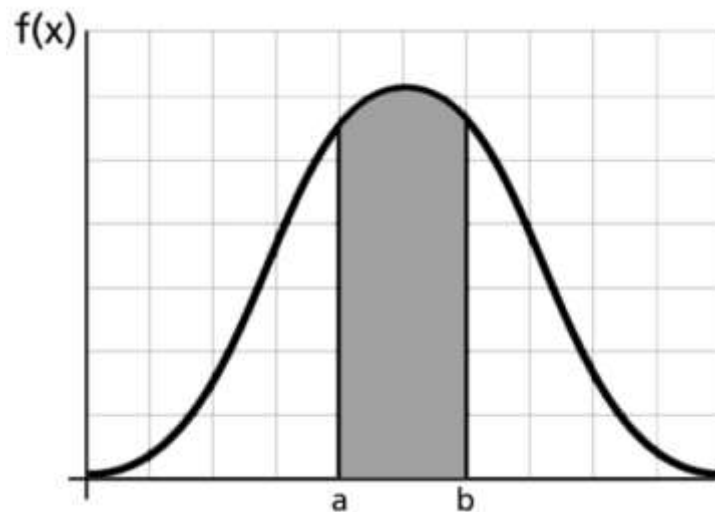
⁶ Histograma: representação gráfica da distribuição de uma única variável que representa a frequência de ocorrências (valores dos dados) dentro de categorias de dados. (Hair *et. al.*, 2009, p. 53)

por $F(x)$, alguns autores a denominam de $Q(t)$, e é chamada de não confiabilidade ou probabilidade de falha.

A relação matemática entre a *pdf* e a *cdf* foi mostrada na Equação 3.1 e descrevem o comportamento probabilístico da variável aleatória “X” no tempo.

A probabilidade de X assumir um valor no intervalo $[a,b]$ é a área compreendida pela função densidade entre a e b (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p.11), como mostra a Figura 3.2.

Figura 3.2 – Curva da Função Densidade de Probabilidade (*pdf*), entre pontos a e b



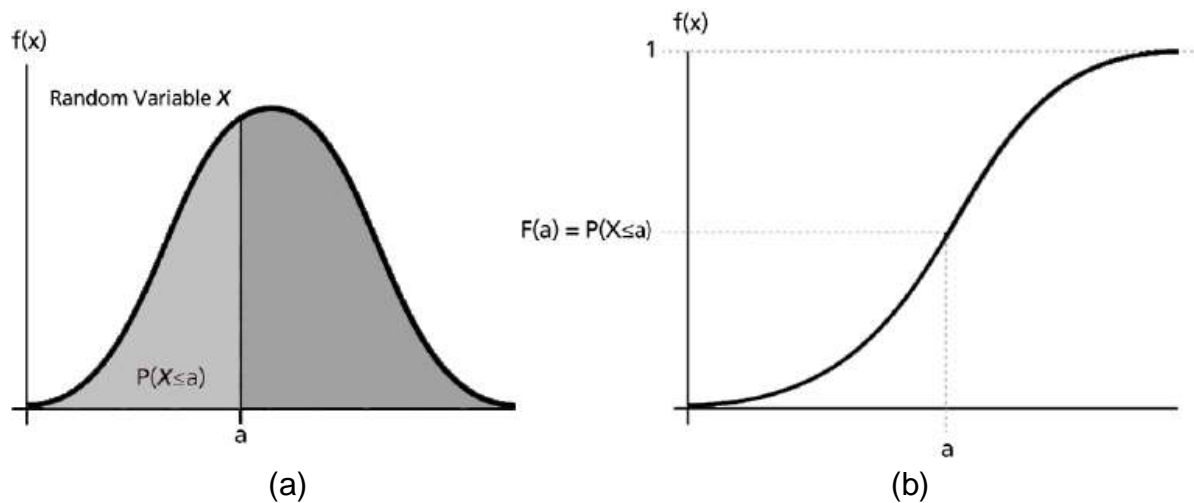
Fonte: *Life Data Analysis Reference*, 2015.

A área entre os pontos a e b da Figura 3.2, é definida por:

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

3.2

Que nada mais é que a *cdf*, para este intervalo.

Figura 3.3 – Relação entre as curvas *pdf* e *cdf*

Fonte: *Life Data Analysis Reference*, 2015.

A Figura 3.3 ilustra a relação entre as funções *pdf* (a) e *cdf* (b), para determinado ponto a , onde é visível o acúmulo de valores da função *cdf*, até a probabilidade de 100%, ou 1. No caso da *cdf*, nos indica o valor da probabilidade de falhas.

Como estamos tratando da confiabilidade do objeto em estudo, precisamos demonstrar a função confiabilidade ($R(t)$), que é complementar à função $F(t)$, assim, temos:

$$\begin{aligned}
 F(t) &= Q(t) = 1 - R(t) \\
 R(t) &= 1 - Q(t)
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

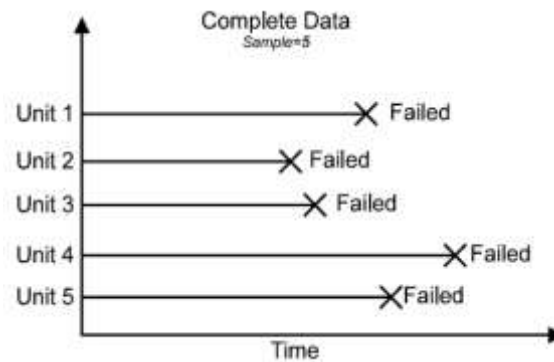
Conhecendo-se as funções *pdf* e *cdf*, consegue-se obter outros parâmetros importantes da Engenharia da Confiabilidade, como: $R(t)$, Tempo Médio até Falhar (*MTTF*), taxa de falhas ($\lambda(t)$), entre outros.

3.2 DADOS E TIPOS DE DADOS

Para a análise dos dados de vida, precisamos entender quais os tipos de dados estaremos trabalhando. Estes podem ser completos ou censurados, sendo os mais comuns os censurados à direita (suspensos – unidades que ainda não falharam).

- Dados completos: nos fornecem informações completas, ou seja, a informação do tempo até a falha de cada item.

Figura 3.4 – Dados completos

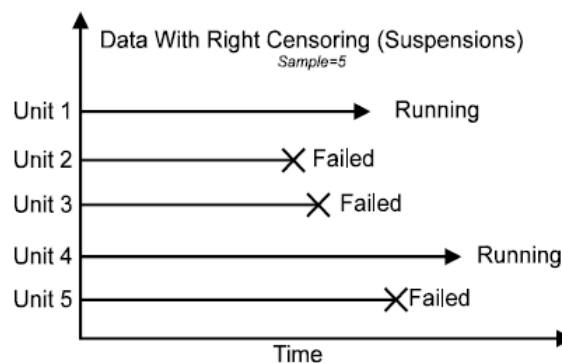


Fonte: ReliaSoft, 2008.

A Figura 3.4 mostra que todos os itens falharam após certo tempo “t”, fornecendo, assim, dados completos.

- Dados censurados: quando as amostras podem não nos fornecer os eventos esperados, podendo ser:
 - Censurados à direita (suspensos): são dados em que as unidades ainda não falharam, o evento de interesse (tempo até a falha) está à direita do ponto,

Figura 3.5 – Dados censurados à direita (suspensos)

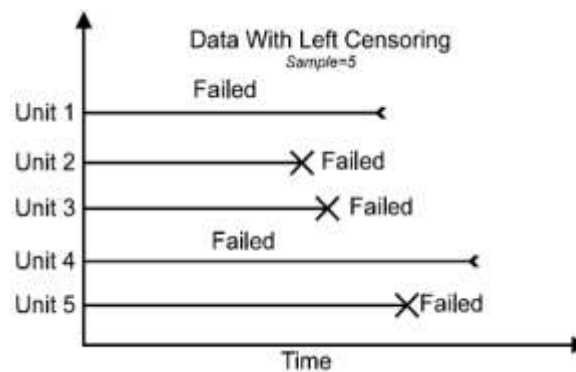


Fonte: ReliaSoft, 2008.

A Figura 3.5 mostra que as unidades 1 e 4 continuam operando após tempo “t”, considerados como itens suspensos. São os tipos de dados de vida mais comuns, juntamente com os dados completos.

- Censurados à esquerda: só sabemos que o evento ocorreu antes do tempo registrado, não sabendo-se exatamente quando.

Figura 3.6 – Dados censurados à esquerda

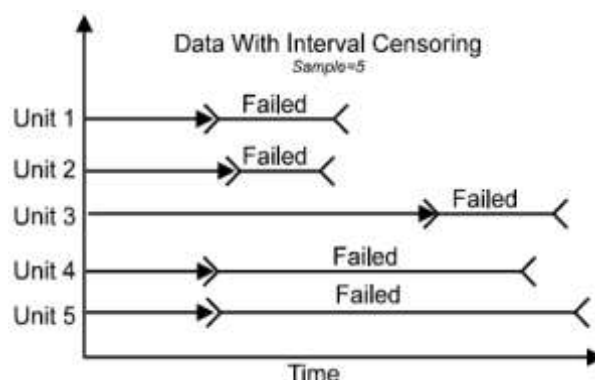


Fonte: ReliaSoft, 2008.

A Figura 3.6 apresenta as unidades 1 e 4 como dados censurados à esquerda, não se sabendo o tempo exato em que as falhas ocorreram.

- Censurados em intervalos: quando um evento ocorre entre inspeções, por exemplo.

Figura 3.7 – Dados censurados em intervalo



Fonte: ReliaSoft, 2008.

No caso da Figura 3.7, todas as unidades falharam, porém não se sabe ao certo qual foi o tempo das falhas, somente que elas ocorreram em um intervalo de tempo, sendo chamados de dados censurados em intervalo.

Vale ressaltar que bons dados irão gerar boas análises e boas previsões, sendo a recíproca verdadeira. Em nosso estudo temos dois tipos de dados: suspensos e completos. Tem-se uma quantidade de dados suspensos muito maior que dados completos. Veremos adiante, como trabalhar com esta configuração, sendo recomendado o método da Estimativa da Máxima Verossimilhança (*Maximum-Likelihood Estimation – MLE*).

3.3 CURVA DA BANHEIRA

Muitos componentes, equipamentos, sistemas apresentam taxas de falhas ($\lambda(t)$) com características da famosa curva da banheira, pelo seu formato peculiar, ou curva do ciclo de vida. Para a Engenharia da Confiabilidade tal curva é muito utilizada e traz informações muito úteis.

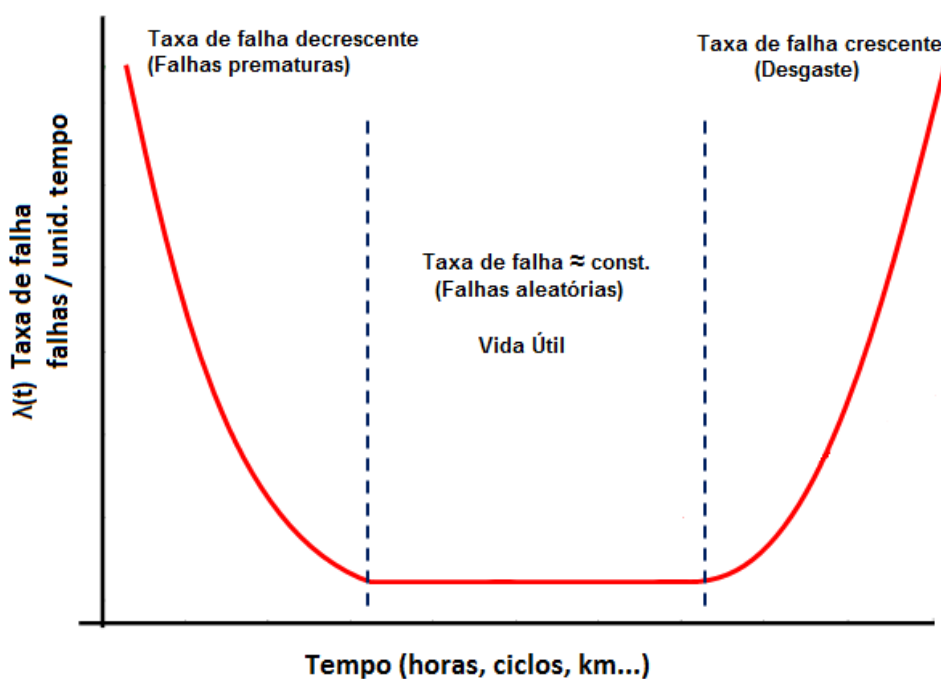
É um modelo visual que ilustra três períodos distintos e bem característicos da taxa de falhas ao longo do tempo: falhas prematuras, falhas aleatórias e, por último, falhas por desgaste, mostrados na Figura 3.8.

As falhas prematuras também são conhecidas como tempo de *burn-in*, ou mortalidade infantil, com taxa de falha decrescente.

Para as falhas aleatórias, ou tempo de vida útil, possuem a taxa de falha constante (relativamente).

Ao passo que as falhas por desgaste, possuem taxa de falha crescente e caracteriza-se pelo final da vida útil.

Figura 3.8 – Curva hipotética do Ciclo de Vida (Curva da Banheira)



Fonte: o autor, 2017.

A curva ilustra um comportamento hipotético de um componente qualquer, mostrando de maneira visual os três comportamentos de uma população de componentes.

3.4 DISTRIBUIÇÃO WEIBULL

A Distribuição de *Weibull* é largamente utilizada para modelar os tempos até falha de diversos equipamentos e sistemas, e seus parâmetros fornecem grande flexibilidade de modelagem em que o número de falhas aumente com o tempo, é constante, ou possa diminuir como tempo. (MONTGOMERY, 2013, p. 95)

Por ser um modelo muito versátil – 1, 2 ou 3 parâmetros, mista – pode, inclusive, assumir o papel de outras distribuições, dependendo dos valores de seu parâmetro de forma “ β ”.

A seguir, no Quadro 3.1, são apresentadas as funções da Distribuição *Weibull*.

Quadro 3.1 – Estatísticas *Weibull*

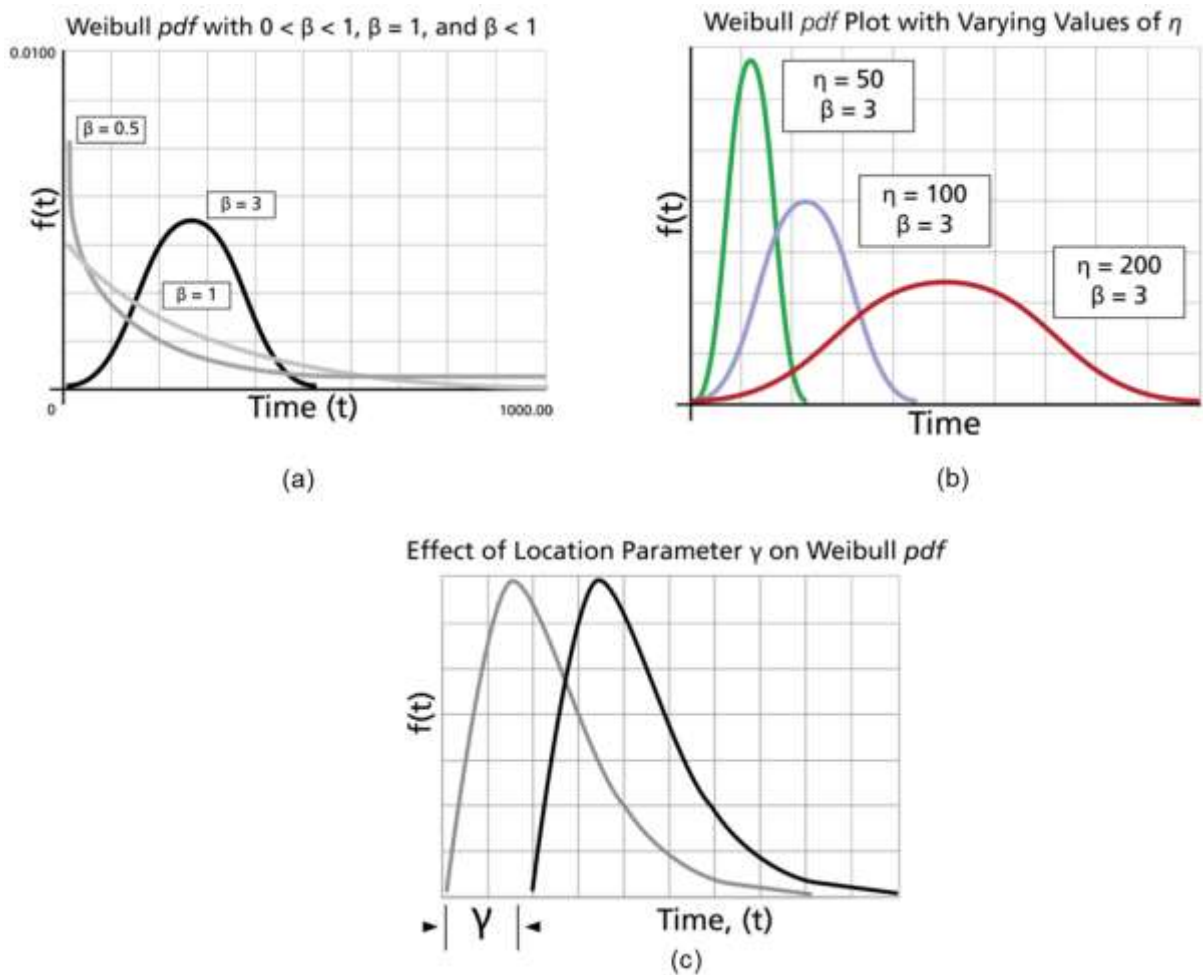
Estatísticas <i>Weibull</i>	Função
Função Densidade de Probabilidade – <i>pdf</i> Weibull completa 3 parâmetros	$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad 3.4$ <p>Onde: $f(t) > 0$ para $t > 0$ ou $t > \gamma$ $\beta > 0$ $\eta > 0$ $-\infty < \gamma < +\infty$</p>
Função Densidade de Probabilidade – <i>pdf</i> Weibull 2 parâmetros	$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad 3.5$ <p>Onde: $\gamma = 0$</p>
Função Densidade de Probabilidade – <i>pdf</i> Weibull 1 parâmetro	$f(t) = \frac{C}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{C-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^C} \quad 3.6$ <p>Onde: $\gamma = 0$ Assumindo $\beta = \text{constante}$</p>
Função Distribuição Acumulada – <i>cdf</i>	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad 3.7$
Função Confiabilidade	$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad 3.8$
Função Taxa de Falhas	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad 3.9$
Tempo Médio Entre Falhas (<i>MTTF</i>) ou Média	$\bar{T} = \gamma + \eta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad 3.10$ <p>Onde: Γ, é a função <i>Gamma</i></p>

Fonte: o autor, 2017.

Os parâmetros β , η e γ apresentados no Quadro 3.1 significam:

- β : parâmetro de forma ou inclinação da distribuição;
- η : parâmetro de escala ou vida característica. Tempo onde 63,2% de dispositivos numa população irão falhar. (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p. 114);
- γ : parâmetro de localização ou vida mínima.

Figura 3.9 – Efeitos dos parâmetros β (a), η (b) e γ (c) nas funções densidade de probabilidade (*pdf*)



Fonte: *Life Data Analysis Reference*, 2015.

A Figura 3.9 expõe o efeito de diferentes valores de cada parâmetro na *pdf*: (a) forma; (b) escala; e (c) deslocamento.

A análise de dados de vida do instrumento em estudo aplicou a Distribuição *Weibull*, que foi a que melhor ajustou-se aos dados de vida⁷.

3.5 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS

Para a Engenharia da Confiabilidade a estimativa de parâmetros é o processo de cálculo para obter tais parâmetros, usando os dados de vida das amostras, *MTTF* e/ou dados suspensos. Existem muitos métodos de estimar parâmetros nas análises de *LDA*: mínimos quadrados, Método da Máxima Verossimilhança, Monte Carlo, Plotagem de Probabilidades, estimadores bayesianos etc.

Como citado no item 3.4, em nosso estudo foi usada a Distribuição *Weibull*, neste caso precisamos estimar os valores de β , η e γ para executar uma correta análise dos dados de vida.

O instrumento em análise possui uma quantidade muito maior de itens suspensos, aproximadamente 93,7% são itens suspensos.

Tendo isto como uma verdade nos estudos, foi usado o Método da Estimativa por Máxima Verossimilhança (*Maximum-Likelihood Estimation – MLE*) nos cálculos de confiabilidade. Várias bibliografias citam o método *MLE* como sendo muito adequado para estimar os parâmetros *Weibull*: “... número de falhas é pequeno e o número de suspensões é grande...” (*Life Data Analysis Reference*, 2015, p. 35)

Em seu artigo “*A new approach for Weibull modeling for reliability life data analysis*”, Emad E. Elmahdy recomenda que, como regra geral, usar a técnica dos mínimos quadrados quando o tamanho das amostras é pequeno e com poucos dados suspensos e usar *MLE* quando possuir muitos dados censurados. (ELMAHDY, 2015, p.1)

⁷ Apresentado no capítulo 4.

O *software* utilizado para os cálculos de confiabilidade do instrumento indicador foi o *Weibull++*, da ReliaSoft, o qual nos fornece os parâmetros da Distribuição *Weibull*, por este motivo, foi escolhido não apresentar a matemática envolvida no Método *MLE*.

3.6 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O capítulo 3 apresentou, de maneira sucinta, a teoria envolvida nas análises de *LDA* e cálculos da Engenharia da Confiabilidade, diferenciando os tipos de dados e exibindo as estatísticas da Distribuição *Weibull*, no Quadro 3.1.

A teoria, sendo ela em qualquer área do conhecimento, é de suma importância para o desenvolvimento de qualquer estudo. Apesar dos cálculos serem efetuados de maneira automática pelo *software Weibull++*, por trás de todas as telas, gráficos e facilidades que o programa dispõe, estão os princípios, fundamentos e métodos do presente capítulo.

No capítulo 4, chamado de Desenvolvimento, são apresentados os dados de falhas do instrumento indicador, com os quais foi possível verificar que existia um número muito maior de itens suspensos, justificando a aplicação do método *MLE* à Distribuição *Weibull*. Assim como, em quais usinas estão instalados, exibindo os resultados obtidos com as análises de *LDA* e as pré conclusões com as análises dos dados e gráficos.

4 DESENVOLVIMENTO

Primeiramente para uma análise de dados de vida (*LDA*), precisamos de dados, como visto no capítulo anterior. Para o correto desenvolvimento da *LDA* do instrumento indicador o processo de coleta e análise de dados foi dividido em:

- Coleta de dados;
- Análise dos dados;
- Formatação dos dados (premissas e considerações); e
- Cálculos de confiabilidade (*LDA*).

A aplicação do referencial teórico do capítulo 3 está implícita nos cálculos que o programa *Weibull++* nos fornece. Uma única tela pode nos prover das seguintes informações: Confiabilidade ($R(t)$), Probabilidade de falha ($Q(t)$), Confiabilidade Condicional ($Q(T,t)$), Probabilidade de Falha Condicional, Tempo de Garantia, Vida BX%, Vida Média ($MTTF$), Taxa de Falha, Limites dos Parâmetros.

4.1 ETAPAS DA ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

4.1.1 Coleta de Dados

A coleta de dados iniciou-se em meados de Agosto de 2015, quando foram enviados *e-mails* para o(s) especialista(s) de cada usina da Companhia Paranaense de Energia (Copel), negócio Geração Transmissão (GeT), conforme tabela mostrada na Figura 1.1. Tal tabela solicitava os dados dos instrumentos, dando ênfase ao período de funcionamento do instrumento indicador digital.

4.1.2 Análise dos Dados

Conforme as planilhas foram sendo respondidas pelos profissionais, o próximo passo foi creditar os dados e manter um contato mais próximo com os mesmos, visando suprimir as dúvidas constantes no preenchimento da tabela.

A tabela completa com os dados das usinas encontra-se no Apêndice A.

4.1.3 Formatação dos dados – premissas e considerações

Um dos pilares e objetivos do trabalho é a obtenção do tempo até falhar ($MTTF$) do instrumento. Para a obtenção do mesmo, foi necessário determinar uma base de tempo para os dados de vida - dias.

A seguir são apresentadas as premissas e considerações para os cálculos de confiabilidade:

- Item não reparável;
- Nível de confiança bilateral de 90%;
- Confiabilidade $R(t) \geq 0,85$;

- *MTTF* do instrumento indicador (dado do fabricante): 100.000h;
- Base de dados: dados de vida apresentados em dias e resultados de confiabilidade, em anos;
- Usinas que enviaram dados: Gov. Ney Aminthas de Barros Braga (GNB), Gov. José Richa (GJR), Derivação do Rio Jordão (DRJ), Gov. Arturo Andreoli⁸ (ART, antiga Foz do Chopim - FCH), Santa Clara⁹ (SCL), Fundação¹⁰ (FND), Gov. Jaime Canet Júnior¹¹ (GJC, antiga Mauá - MUA), Cavernoso (CAV), Chopim I (CIM);
- No caso das usinas GNB, DRJ, CAV, ART e GJR somente há a informação do ano de início da coleta dos dados no sistema de gerenciamento interno (OMNI);
 - Foi considerado que o ano de início da coleta coincide com 01/01 do respectivo ano informado;
- Na situação da usina de GJC somente há a informação de mês e ano de instalação, para isto foi considerado o primeiro dia do mês para o dia de instalação;
- Para as usinas SCL e FND as informações estão completas, com dia, mês e ano da instalação, sem precisar de ajustes;
- Nos casos dos instrumentos de GNB expostos ao calor, as informações estão em semana e foi considerado o primeiro dia da semana (o correspondente a segunda-feira de cada semana);
- E no caso dos equipamentos que não falharam no período de coleta (itens suspensos), foi considerado que a data final seria 25/10/2017;
- Equipamentos com data de instalação anterior a 2001, foi considerado que 01/01/2001 é a data de instalação;

⁸ Usina da Foz do Chopim Energética. Participação acionária da Copel de 36%.

⁹ Usina da Elejor - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A. - Participação acionária da Copel de 70%.

¹⁰ Usina da Elejor - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A. - Participação acionária da Copel de 70%.

¹¹ Usina do Consórcio Energético Cruzeiro do Sul. Participação acionária da Copel de 51%.

- Foram criadas duas colunas (destacadas na cor cinza, e constam no Apêndice A), na primeira coluna foram inseridas as datas de início de operação/instalação, conforme as premissas, e na segunda coluna foram inseridas as datas de falha/suspensão conforme considerações acima;
- Os itens que falharam devido à enchente foram retirados da análise (Usinas CAV e Chopim I).

4.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE DADOS DE VIDA - CÁLCULOS DE CONFIABILIDADE

4.2.1 Resultados esperados

Como apresentado no objetivo geral do trabalho, encontrar o *MTTF* do objeto de estudo, comparando-o com o valor fornecido pelo fabricante.

Como uma pré análise dos dados de vida constantes no Apêndice A, pode-se verificar que trata-se de um instrumento que pouco falha, comparado ao tamanho da amostra, quebrando o paradigma existente na empresa de que é um equipamento que possui elevada taxa de falhas.

4.2.2 Resultados obtidos

Os resultados foram calculados e obtidos utilizando o programa Weibull++, da ReliaSoft, os quais serão apresentados adiante.

Com o andamento das análises pode-se perceber que os dados numerados de 1 a 15 da UHEGNB estavam apresentando um comportamento distinto dos demais dados. Isto levou à separação em três análises distintas:

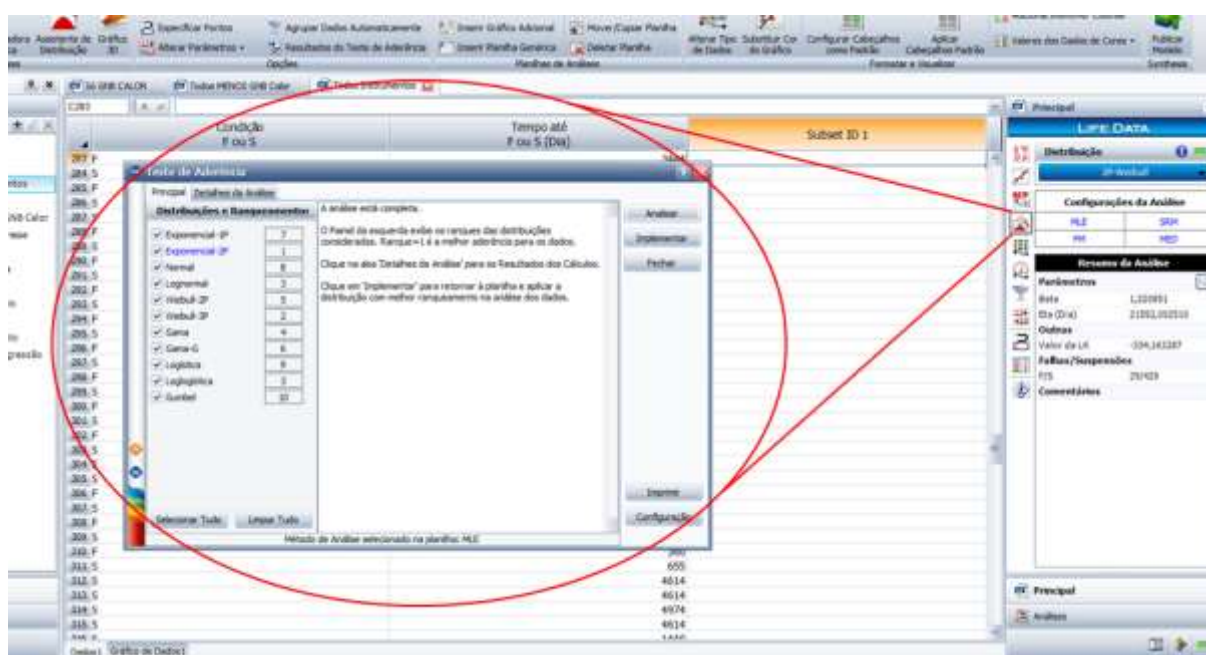
- **Análise de todos** os dados de vida dos instrumentos;
- **Análise de somente UHEGNB** (itens 1 a 15); e
- **Análise de todos** os dados, **exceto UHEGNB** (itens 1 a 15).

Esta estratificação deu suporte a conclusões importantes, que serão apresentadas no próximo capítulo.

O *software* possui uma ferramenta chamada de “Assistente de Distribuição” que nos fornece um teste de aderência, com as principais distribuições estatísticas, e faz o ranqueamento da melhor distribuição, com base em nossos dados. Após ranqueadas, o próximo passo é analisar a hierarquia e implementar a distribuição.

A Figura 4.1 traz o teste de aderência para todos os dados de nossas análises de *LDA*.

Figura 4.1 – Teste de aderência para todos os dados de vida dos instrumentos



Fonte: o autor, 2017.

Note que na Figura 4.1 o teste apontou como a melhor distribuição a Exponencial-2p (2 parâmetros), porém a escolhida foi a *Weibull-3p* (3 parâmetros), sendo a segunda no ranqueamento.

Para as outras análises o teste de aderência retornou a distribuição *Weibull-3p* como sendo a melhor para os dados estratificados.

4.2.2.1 Resultados calculados para todos os dados de vida – considerando todas as usinas

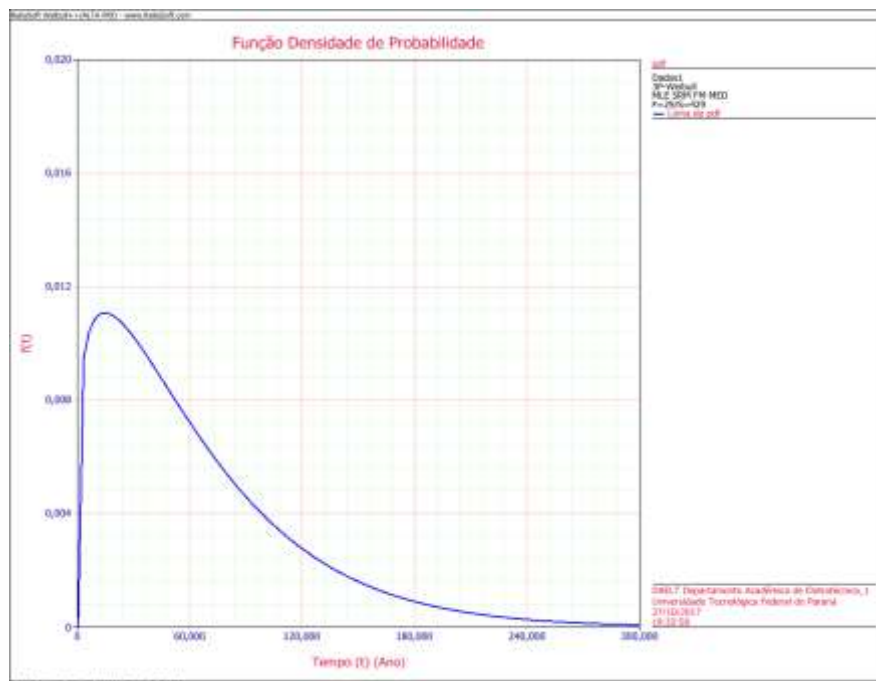
O Quadro 4.1 apresenta os parâmetros calculados pela ferramenta *Quick Calculation Pad (QCP)* da distribuição *Weibull*, implementados com o Método da Estimativa por Máxima Verossimilhança (*Maximum-Likelihood Estimation – MLE*)

Quadro 4.1 – Parâmetros calculados distribuição *Weibull*, para dados de todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	Resultados Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Todos Instrumentos\Dados1	
Código de Peça	
Versão	
Aplicativo	
Descrição	
Parâmetros	
Distribuição	Weibull 3P
Análises	MLE
Método do IC	FM
Ranqueando	MED
Beta	1,184306
Eta (Dia)	24988,2495
Gama (Dia)	166,6
Valor da LK	-333,154648
F \ S	29 \ 429
LOCAL VAR/COV MATRIX	
Var-Beta=0,029871	CV Eta Beta=-1283,991873
CV Eta Beta=-1283,991873	Var-Eta=7,054328E+07

Fonte: o autor, 2017.

Obtendo os parâmetros da distribuição, o próximo passo foi a análise e verificação das curvas Função Densidade de Probabilidade (*pdf*) e a Função Distribuição Acumulada (*cdf*), conforme mostrado nos Gráficos 4.1 e 4.2, respectivamente.

Gráfico 4.1 – Gráfico da função *pdf* para todos os instrumentos

Fonte: o autor, 2017.

O Gráfico 4.1 nos mostra a forma da distribuição encontrada com os dados de nossa amostra. Com base nesta curva consegue-se obter várias métricas usadas na Engenharia de Confiabilidade: taxa de falhas, tempo médio até as falhas, confiabilidade. Se a integramos, teremos a curva apresentada no gráfico 4.2, a seguir.

Gráfico 4.2 – Gráfico da função *cdf* para todos os instrumentos

Fonte: o autor, 2017.

A função acumulada dos dados ou probabilidade de falha x tempo é exposta no Gráfico 4.2 e uma breve análise visual dos dados nos mostra falhas em torno dos 10 anos de operação.

Quadro 4.2 – *MTTF* calculado para todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	111,41894
MTTF	65,077718 Ano
Limite Inferior (0,05)	38,089961

Fonte: o autor, 2017.

O fabricante forneceu o *MTTF* de seus instrumentos, 100.000h, equivalente a 11,57 anos (considerado ano de 360 dias). No Quadro 4.2 os resultados calculados do tempo médio até a falha para toda a amostra de dados em seu pior caso retornou o valor de pouco mais de 38 anos.

Ora, tendo um valor de vida média calculada muito maior que a do fabricante, o próximo passo foi definir um tempo de 15 anos para os cálculos. A definição deste tempo foi discutida juntamente com a equipe de Engenharia da Copel GeT, com base nisto, foram obtidos os valores de confiabilidade ($R(t)$) e de probabilidade de falhas ($Q(t)$), mostrados nos Quadros 4.3 e 4.4, respectivamente.

Quadro 4.3 – Relatório com valor de $R(t=15\text{anos})$ - todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Tempo Final da Missão (Ano)	15
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	0,892111
$R(t=15)$	0,852422
Limite Inferior (0,05)	0,799857

Fonte: o autor, 2017.

Definido o tempo de análise de 15 anos, os valores de $R(t=15\text{anos})$ são apresentados no Quadro 4.3, demonstrando valores relativamente aceitáveis, porém fora das premissas, caso considere-se o limite inferior, com $R(t=15)=0,799857$.

Quadro 4.4 – Relatório com valor de $Q(t=15\text{anos})$ - todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Tempo Final da Missão (Ano)	15
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	0,200143
$Q(t=15)$	0,147578
Limite Inferior (0,05)	0,107889

Fonte: o autor, 2017.

O Quadro 4.4 exibe os valores para a não confiabilidade ($Q(t)$), ou probabilidade de falhas, também para um tempo de 15 anos, ou seja, a probabilidade de um instrumento vir a falhar em neste tempo de operação é de 14,7578%, podendo chegar a aproximadamente 20%.

A confiabilidade foi de $R(t=15\text{anos}) = 0,852422$, com valores de limite superior 0,892111 e inferior 0,799857 (pior caso). Note que os valores da não confiabilidade $Q(t)$ são complementares. Somando-se $Q(t)$ e $R(t)$, temos o valor 1, conforme equação 3.3.

Como a vida média do nosso objeto de estudo foi fornecida, foram feitas análises de $R(t)$ e $Q(t)$ também para o tempo de 100.000h, retornando os valores apresentados nos Quadros 4.5 e 4.6, nesta ordem.

Quadro 4.5 – Relatório com valor de $R(t=100.000h)$ - todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Tempo Final da Missão (h)	100000
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	0,919723
$R(t=100000)$	0,892075
Limite Inferior (0,05)	0,85568

Fonte: o autor, 2017.

Com o tempo de análise diminuído para 11,57 anos, ou 100.000 h, os valores de confiabilidade melhoraram, atingindo o valor de 0,892075 e 0,85568 no pior caso, como mostrados no Quadro 4.5.

Quadro 4.6 – Relatório com valor de $Q(t=100.000h)$ - todos os instrumentos

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Tempo Final da Missão (h)	100000
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	0,14432
$Q(t=100000)$	0,107925
Limite Inferior (0,05)	0,080277

Fonte: o autor, 2017.

Para se atingir a meta de confiabilidade, definida nas premissas como sendo $R(t) \geq 0,85$, é apresentado no Quadro 4.7 o tempo de garantia, ou seja, o tempo no qual a nossa meta de $R(t)$ é atingida.

Quadro 4.7 – Relatório com valor de $R(t=100.000h)$

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Confiabilidade Requerida	0,85
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
Saída do Weibull++ 8	
Limite Superior (0,95)	20,082159
$t(R=0,85)$	15,218573 Ano
Limite Inferior (0,05)	11,560266

Fonte: o autor, 2017.

Conforme exposto no Quadro 4.7, para se ter uma confiabilidade de, no mínimo, 0,85 o tempo será de aproximadamente 15 anos, atentando-se ao limite inferior de 11,56 anos, o que mostrou que a decisão da equipe de Engenharia, em um primeiro momento, foi sensata.

Em seguida são apresentados gráficos para melhor entendimento dos resultados obtidos com a ferramenta *QCP*.

Gráfico 4.3 – Gráfico da Confiabilidade vs. Tempo (todos os instrumentos)

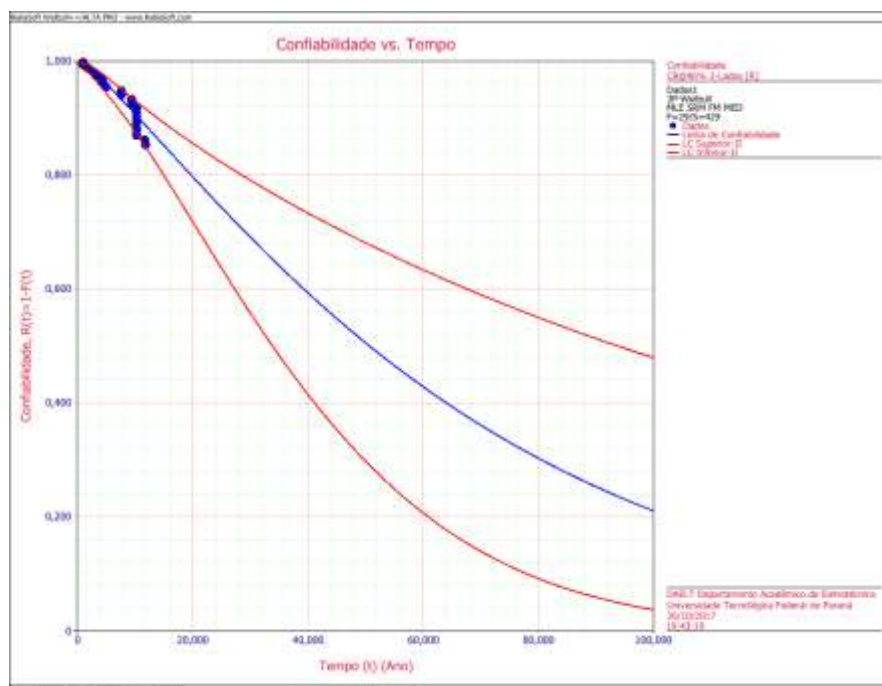
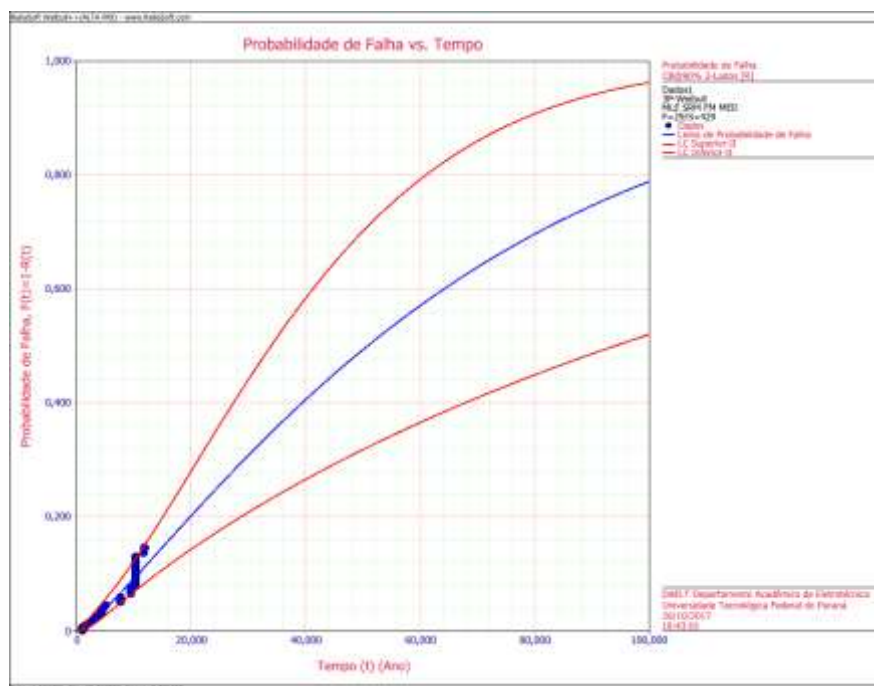


Gráfico 4.4 – Probabilidade Falha vs. Tempo (todos os instrumentos)



Fonte: o autor, 2017.

O Gráfico 4.4 é igual ao 4.2 e retrata $Q(t)$, agora com os limites superior e inferior em vermelho. Visualmente, nota-se que os Gráficos 4.3 e 4.4 atendem à equação 3.3.

4.2.2.2 Resultados calculados para os instrumentos 1 a 15 da UHEGNB

Como a análise prévia dos dados mostrou que alguns instrumentos da UHEGNB estavam apresentando falhas prematuras, foi escolhido estratificar os dados para mais duas análises: instrumentos 1 a 15 da UHEGNB, denotados como instrumentos UHEGNB; e todos os instrumentos, exceto UHEGNB.

No tópico anterior foram apresentados vários quadros com os resultados calculados, utilizando a ferramenta *QCP*, do *software* Weibull++. O Quadro 4.8 mostra um quadro resumo com os principais resultados de confiabilidade para os equipamentos da UHEGNB.

Quadro 4.8 – Relatório resumo com valores calculados - UHEGNB

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
MTTF	
Limite Superior (0,95)	30,280241
MTTF	16,990985 Ano
Limite Inferior (0,05)	9,682158
R(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,547162
R(t=15)	0,37779
Limite Inferior (0,05)	0,207765
Q(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,792235
Q(t=15)	0,62221
Limite Inferior (0,05)	0,452838
R(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,613993
R(t=100000)	0,465329
Limite Inferior (0,05)	0,301247
Q(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,698753
Q(t=100000)	0,534671
Limite Inferior (0,05)	0,386007
Tempo de Garantia p/ R(t=0,85)	
Limite Superior (0,95)	4,454182
t(R=0,85)	2,405278 Ano
Limite Inferior (0,05)	1,489648

Fonte: o autor, 2017.

Uma breve leitura do Quadro 4.8 mostra um *MTTF* muito menor se comparado ao mesmo valor para todos os instrumentos – aproximadamente 17 anos, com limite inferior de 9,68 anos. Para atingir a meta de confiabilidade de 85%, o tempo seria de apenas 2,4 anos.

O Gráfico 4.5 a seguir mostra a curva da taxa de falhas, confirmando as suspeitas de falhas prematuras.

Quadro 4.9 – Relatório resumo com valores calculados - todos os instrumentos, exceto UHEGNB

Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	QCP Weibull++
Informações do Usuário	
Nome	DAELT Departamento Acadêmico de Eletrotécnica_1
Empresa	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Data	27/10/2017
Entradas do Usuário	
Limites de Confiança usados	2-Lados
Método dos Limites de Confiança	Matriz de Fisher
Nível de Confiança	0,9
MTTF	
Limite Superior (0,95)	106,825441
MTTF	58,613940 Ano
Limite Inferior (0,05)	32,188031
R(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,938308
R(t=15)	0,904337
Limite Inferior (0,05)	0,85318
Q(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,14682
Q(t=15)	0,095663
Limite Inferior (0,05)	0,061692
R(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,958156
R(t=100000)	0,936644
Limite Inferior (0,05)	0,904635
Q(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,095365
Q(t=100000)	0,063356
Limite Inferior (0,05)	0,041844
Tempo de Garantia p/ R(t=0,85)	
Limite Superior (0,95)	28,597453
t(R=0,85)	20,372576 Ano
Limite Inferior (0,05)	14,524334

Fonte: o autor, 2017.

Uma análise mais detalhada do Quadro 4.9 nos leva a conclusões importantes. Uma delas é com relação a R(t=15 anos), que mesmo no pior caso é de 85,318%, estando acima da meta definida neste trabalho.

Outro resultado importante é o tempo de garantia para a meta de 85% de confiabilidade. Note que, no pior caso, o valor estimado foi um tempo de 14,52 anos, que será discutido no próximo capítulo.

Quadro 4.10 – Comparação entre os resultados de confiabilidade

Relatório de Resultados de Confiabilidade					
Dados de TODOS os Instrumentos		Dados dos Instrumentos 1 a 15 da UHEGNB		Dados de TODOS os Instrumentos EXCETO 1 a 15 UHEGNB	
MTTF		MTTF		MTTF	
Limite Superior (0,95)	111,41894	Limite Superior (0,95)	30,280241	Limite Superior (0,95)	106,825441
MTTF	65,077718 Ano	MTTF	16,990985 Ano	MTTF	58,613940 Ano
Limite Inferior (0,05)	38,089961	Limite Inferior (0,05)	9,682158	Limite Inferior (0,05)	32,188031
R(t=15 ANOS)		R(t=15 ANOS)		R(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,892111	Limite Superior (0,95)	0,547162	Limite Superior (0,95)	0,938308
R(t=15)	0,852422	R(t=15)	0,37779	R(t=15)	0,904337
Limite Inferior (0,05)	0,799857	Limite Inferior (0,05)	0,207765	Limite Inferior (0,05)	0,85318
Q(t=15 ANOS)		Q(t=15 ANOS)		Q(t=15 ANOS)	
Limite Superior (0,95)	0,200143	Limite Superior (0,95)	0,792235	Limite Superior (0,95)	0,14682
Q(t=15)	0,147578	Q(t=15)	0,62221	Q(t=15)	0,095663
Limite Inferior (0,05)	0,107889	Limite Inferior (0,05)	0,452838	Limite Inferior (0,05)	0,061692
R(t=100.000 h)		R(t=100.000 h)		R(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,919723	Limite Superior (0,95)	0,613993	Limite Superior (0,95)	0,958156
R(t=100000)	0,892075	R(t=100000)	0,465329	R(t=100000)	0,936644
Limite Inferior (0,05)	0,85568	Limite Inferior (0,05)	0,301247	Limite Inferior (0,05)	0,904635
Q(t=100.000 h)		Q(t=100.000 h)		Q(t=100.000 h)	
Limite Superior (0,95)	0,14432	Limite Superior (0,95)	0,698753	Limite Superior (0,95)	0,095365
Q(t=100000)	0,107925	Q(t=100000)	0,534671	Q(t=100000)	0,063356
Limite Inferior (0,05)	0,080277	Limite Inferior (0,05)	0,386007	Limite Inferior (0,05)	0,041844
Tempo de Garantia p/ R(t=0,85)		Tempo de Garantia p/ R(t=0,85)		Tempo de Garantia p/ R(t=0,85)	
Limite Superior (0,95)	20,082159	Limite Superior (0,95)	4,454182	Limite Superior (0,95)	28,597453
t(R=0,85)	15,218573 Ano	t(R=0,85)	2,405278 Ano	t(R=0,85)	20,372576 Ano
Limite Inferior (0,05)	11,560266	Limite Inferior (0,05)	1,489648	Limite Inferior (0,05)	14,524334

Fonte: o autor, 2017.

O Quadro 4.10 traz um compilado dos principais resultados para as três análises dos dados de vida, ficando evidente a melhoria dos mesmos para as premissas que foram definidas.

4.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O presente capítulo apresentou os resultados das análises de *LDA* sendo divididos em três análises distintas, o que mostrou-se importante para as análises e tomadas de decisão da Engenharia da Copel GeT.

O uso do *software* Weibull++ mostrou-se uma ferramenta completa para uma confiável *LDA*. O recurso chamado de *QCP* mostra-se muito amigável e de fácil utilização trazendo os resultados de confiabilidade em segundos, conforme apresentados nos Quadros. Seus gráficos também são de fácil visualização e interpretação. Sabendo que temos uma poderosa ferramenta de confiabilidade ao nosso lado, fica mais “fácil” tirarmos conclusões sobre a grande quantidade de dados inicialmente coletados nas usinas.

O próximo capítulo trará as conclusões no tocante aos resultados obtidos neste capítulo: confiabilidade, taxa de falhas, *MTTF*, meta de confiabilidade de 85% etc.

Será no capítulo 5 que a Engenharia de Confiabilidade mostrará como as decisões e definições adotadas pela Copel GeT são afetadas por diferentes tipos de resultados e como isto afeta o futuro do objeto de estudo no parque gerador da empresa.

Ao final do trabalho, no Apêndice B, são apresentados gráficos comparando as curvas para os três casos.

5 CONCLUSÕES

Relembrando os objetivos gerais e específicos, o trabalho tinha como propósitos a obtenção, através de cálculos de análise dos dados de vida (*LDA*), dos tempos até a falha dos instrumentos (*MTTF*), tempo ideal para troca dos mesmos (visto como tempo de garantia, no capítulo 4) e com estes resultados, propor o tempo ótimo para a substituição dos indicadores.

Os resultados obtidos com as análises para todos os instrumentos mostrou-se, em um primeiro momento, satisfatória, retornando um *MTTF* de 65 anos.

De acordo com uma das metas definidas, $R(t) \geq 0,85$, o valor calculado para 15 anos foi de 0,852422, porém, ao analisar o pior caso (nível de confiança bilateral de 90%), o resultado foi para 0,799857.

Através de contatos com o fabricante, foi fornecido o *MTTF* de 100.000h, equivalente a 11,57 anos (considerando ano com 360 dias). Lançando este valor na ferramenta *Quick Calculation Pad (QCP)* obteve-se a grandeza de $R(t=100.000) = 0,85568$, limite inferior. Ou seja, mesmo no pior caso, as análises de *LDA* – **para o mesmo *MTTF* do fabricante** – do instrumento em estudo estariam dentro dos parâmetros especificados.

Porém, nas conferências dos gráficos da primeira *LDA*, percebeu-se que alguns itens da Usina Gov. Ney Aminthas de Barros Braga (UHEGNB) estavam “contaminando” nossas análises. Com isto foram feitas mais duas, consolidando nos valores vistos no Quadro 4.10.

Após uma investigação mais detalhada dos dados e com constantes conversas com os especialistas da UHEGNB, chegou-se à conclusão de que os instrumentos 1 a 15 da usina estavam operando acima da temperatura especificada em 50°C, conforme indicado no próprio manual do equipamento, caracterizando a falha funcional. O comportamento pode ser visto no Gráfico 4.5, mostrando a curva característica com taxa de falha decrescente, típica para falhas prematuras.

A própria equipe técnica atuou a fundo, constatando que os instrumentos estavam instalados em um ambiente sobreaquecido. Isto levou a melhorias do projeto inicial, instalando-os externamente à carcaça dos transformadores.

Com os dados estratificados e tendo como uma das metas $R(t) \geq 0,85$, foi feita uma *LDA* para todos os instrumentos, retirando os dados tendenciosos da UHEGNB.

Considerando o pior caso (limite de confiança 0,9 inferior), para ter uma confiabilidade de 85%, chegou ao valor de $t=14,524334$ anos.

A **principal recomendação** deste trabalho é um **tempo ótimo** para a **substituição** dos instrumentos **$t=14$ anos**, para uma confiabilidade $R(t) \geq 0,85$, com 90% de confiança. Devido aos resultados satisfatórios das análises de *LDA*, a empresa optou em manter os instrumentos atuais.

Como todo trabalho, seja ele acadêmico, a nível profissional ou até mesmo em nossos lares, sempre enfrentaremos dificuldades e obstáculos dos mais variados tipos. Este não foi diferente.

Um dos problemas enfrentados foi o tempo em receber os dados das usinas. Mas isto foi facilmente contornado, ao passo em que foram sendo encaminhados pelos especialistas.

Outro fator a ser superado foi a desconfiança em relação aos resultados, pois nem todos queriam acreditar em certos dados (quando foi instalado, quando ocorreu a falha). Por este motivo o presente trabalho preocupou-se em criar as premissas e considerações.

Acredito que existirá muita demanda para próximos estudos de confiabilidade na empresa e tenho certeza de que todos estarão ainda mais envolvidos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI/ISA-S5.1-2009**: Instrumentation Symbols and Identification. North Carolina, USA, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BEGA, Egídio Alberto et al. **Instrumentação Industrial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

DUNN, William C. **Fundamentos de Instrumentação Industrial e Controle de Processos** / William C. Dunn; tradução: Fernando Lessa Tofoli; revisão técnica: Antonio Pertence Júnior. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ELMAHDY, Emad E. A New Approach for Weibull Modeling for Reliability Life Data Analysis. Applied Mathematics and Computation, vol. 250, p. 708-720, 1 jan. 2015. Disponível em <www.sciencedirect.com/science/journal/00963003/250?sdc=1>. Acesso em 02 Out. 2017.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Instrumentação Industrial – Conceitos, Aplicações e Análises**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2010.

FINDER ® S.p.A. Disponível em <www.findernet.com/pt-br/brazil>. Acesso em 29 Out. 2017.

MONTGOMERY, Douglas C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros** / Douglas C. Montgomery, George C. Runger; tradução e revisão técnica Verônica Calado. - [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

NOVUS Produtos Eletrônicos Ltda. Disponível em <www.novus.com.br/site>. Acesso em 29 Out. 2017.

OXFORD-DICTIONARIES. Disponível em <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/trip>>. Acesso em: 29 Out. 2017.

PRESYS Instrumentos e Sistemas. Disponível em <www.presys.com.br/pt>. Acesso em 29 Out. 2017.

RELIASOFT. Engenharia da Confiabilidade. Notas de aula do módulo de Análise de Dados de Vida, 2017. Curitiba.

RELIASOFT. Life Data Analysis Reference. Disponível em <www.synthesisplatform.net/references/Life_Data_Analysis_Reference.pdf>. Acesso em 02 Out. 2017.

RELIASOFT. Procedimento para Especificar a Confiabilidade de Equipamentos. . Notas de aula do módulo de Ensaio Acelerados, 2017. Curitiba.

SIONGBOON. Disponível em < http://www.siongboon.com/projects/2006-06-19_switch/relay_symbol.jpg>. Acesso em 29 Out. 2017.

TECSYSTEM Srl. Disponível em <www.tecsystem.it>. Acesso em 29 Out. 2017.

TEIXEIRA, Paulo Roberto Frade. **Instrumentação Básica**. Apostila do treinamento de Instrumentação Básica, 2011. International Society of Automation – ISA, São Paulo.

VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012.

WIKA DO BRASIL Indústria e Comércio Ltda. Disponível em <www.wika.com.br>. Acesso em 29 Out. 2017.

**APÊNDICE A - PLANILHA COM OS DADOS DE VIDA DA POPULAÇÃO DE
INSTRUMENTOS INDICADORES**

A Figura A.1 mostra planilha com os dados de vida do objeto de estudo, utilizada como base para os cálculos de confiabilidade.

Figura A.1 – Planilha dos dados de vida

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
1	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora) - U1	RTM01-U1	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
2	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Turbina) - U1	RTM02-U1	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
3	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora/Turbina) - U1	RTM03-U1	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
4	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora) - U2	RTM01-U2	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
5	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Turbina) - U2	RTM02-U2	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
6	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora/Turbina) - U2	RTM03-U2	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
7	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora) - U3	RTM01-U3	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
8	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Turbina) - U3	RTM02-U3	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
9	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora/Turbina) - U3	RTM03-U4	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
10	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora) - U4	RTM01-U4	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
11	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Turbina) - U4	RTM02-U4	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
12	GNB	Panel de instrumentação da turbina (Mancal Escora/Turbina) - U4	RTM03-U4	Temperatura	2001 - 2015	01/01/01	25/10/17	-6054	S	-		
1	GJC	Nível Barragem (Elevação)	1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
2	GJC	Nível Barragem (Elevação)	2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
3	GJC	Nível Barragem (Elevação)	3IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
4	GJC	Nível Barragem (Elevação)	4IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
5	GJC	Nível Barragem (Elevação)	5IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
6	GJC	Nível Barragem (Elevação)	6IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
7	GJC	Nível Barragem (Elevação)	7IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
8	GJC	Nível Barragem (Elevação)	8IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
9	GJC	Nível Barragem (Elevação)	9IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
10	GJC	Nível Barragem (Elevação)	10IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
11	GJC	Nível Barragem (Elevação)	11IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
12	GJC	Nível Barragem (Elevação)	12IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
13	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
14	GJC	Nível Barragem (Elevação)	13IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
15	GJC	Nível Barragem (Elevação)	14IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
16	GJC	Nível Barragem (Elevação)	15IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
17	GJC	Nível Barragem (Elevação)	16IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
18	GJC	Nível Barragem (Elevação)	17IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
19	GJC	Nível Barragem (Elevação)	18IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
20	GJC	Nível Barragem (Elevação)	19IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
21	GJC	Nível Barragem (Elevação)	20IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparavel pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
22	GJC	Nível Barragem (Elevação)	21IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
23	GJC	Nível Barragem (Elevação)	22IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
24	GJC	Nível Barragem (Elevação)	23IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
25	GJC	Nível Barragem (Elevação)	24IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
26	GJC	Nível Barragem (Elevação)	25IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
27	GJC	Nível Barragem (Elevação)	26IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
28	GJC	Nível Barragem (Elevação)	27IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
29	GJC	Nível Barragem (Elevação)	28IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
30	GJC	Nível Barragem (Elevação)	29IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
31	GJC	Nível Barragem (Elevação)	30IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
32	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
33	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
34	GJC	Nível Barragem (Elevação)	31IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
35	GJC	Nível Barragem (Elevação)	32IND2	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
36	GJC	Nível Barragem (Elevação)	33IND3	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
37	GJC	Nível Barragem (Elevação)	34IND4	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
38	GJC	Nível Barragem (Elevação)	35IND5	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
39	GJC	Nível Barragem (Elevação)	36IND6	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
40	GJC	Nível Barragem (Elevação)	37IND7	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
41	GJC	Nível Barragem (Elevação)	38IND8	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
42	GJC	Nível Barragem (Elevação)	39IND9	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
43	GJC	Nível Barragem (Elevação)	40IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
44	GJC	Nível Barragem (Elevação)	41IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
45	GJC	Nível Barragem (Elevação)	42IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
46	GJC	Nível Barragem (Elevação)	43IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
47	GJC	Nível Barragem (Elevação)	44IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
48	GJC	Nível Barragem (Elevação)	45IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
49	GJC	Nível Barragem (Elevação)	46IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
50	GJC	Nível Barragem (Elevação)	47IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
51	GJC	Nível Barragem (Elevação)	48IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
52	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
53	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
54	GJC	Nível Barragem (Elevação)	49IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
55	GJC	Nível Barragem (Elevação)	50IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
56	GJC	Nível Barragem (Elevação)	51IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
57	GJC	Nível Barragem (Elevação)	52IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
58	GJC	Nível Barragem (Elevação)	53IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
59	GJC	Nível Barragem (Elevação)	54IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
60	GJC	Nível Barragem (Elevação)	55IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
61	GJC	Nível Barragem (Elevação)	56IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
62	GJC	Nível Barragem (Elevação)	57IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
63	GJC	Nível Barragem (Elevação)	58IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
64	GJC	Nível Barragem (Elevação)	59IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
65	GJC	Nível Barragem (Elevação)	60IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
66	GJC	Nível Barragem (Elevação)	61IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
67	GJC	Nível Barragem (Elevação)	62IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
68	GJC	Nível Barragem (Elevação)	63IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
69	GJC	Nível Barragem (Elevação)	64IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
70	GJC	Nível Barragem (Elevação)	65IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
71	GJC	Nível Barragem (Elevação)	66IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
72	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
73	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
74	GJC	Nível Barragem (Elevação)	67IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparavel pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
75	GJC	Nível Barragem (Elevação)	68IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
76	GJC	Nível Barragem (Elevação)	69IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
77	GJC	Nível Barragem (Elevação)	70IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
78	GJC	Nível Barragem (Elevação)	71IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
79	GJC	Nível Barragem (Elevação)	72IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
80	GJC	Nível Barragem (Elevação)	73IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
81	GJC	Nível Barragem (Elevação)	74IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
82	GJC	Nível Barragem (Elevação)	75IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
83	GJC	Nível Barragem (Elevação)	76IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
84	GJC	Nível Barragem (Elevação)	77IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
85	GJC	Nível Barragem (Elevação)	78IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
86	GJC	Nível Barragem (Elevação)	79IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
87	GJC	Nível Barragem (Elevação)	80IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
88	GJC	Nível Barragem (Elevação)	81IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
89	GJC	Nível Barragem (Elevação)	82IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
90	GJC	Nível Barragem (Elevação)	83IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
91	GJC	Nível Barragem (Elevação)	84IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
92	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
93	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
94	GJC	Nível Barragem (Elevação)	85IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
95	GJC	Nível Barragem (Elevação)	87IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
96	GJC	Nível Barragem (Elevação)	89IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
97	GJC	Nível Barragem (Elevação)	91IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
98	GJC	Nível Barragem (Elevação)	92IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
99	GJC	Nível Barragem (Elevação)	93IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
100	GJC	Nível Barragem (Elevação)	94IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
101	GJC	Nível Barragem (Elevação)	95IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
102	GJC	Nível Barragem (Elevação)	96IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
103	GJC	Nível Barragem (Elevação)	97IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
104	GJC	Nível Barragem (Elevação)	98IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
105	GJC	Nível Barragem (Elevação)	99IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
106	GJC	Nível Barragem (Elevação)	100IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
107	GJC	Nível Barragem (Elevação)	101IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
108	GJC	Nível Barragem (Elevação)	102IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
109	GJC	Nível Barragem (Elevação)	103IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
110	GJC	Nível Barragem (Elevação)	104IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
111	GJC	Nível Barragem (Elevação)	105IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
112	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
113	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A	RESERVA	
114	GJC	Nível Barragem (Elevação)	106IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
115	GJC	Nível Barragem (Elevação)	107IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
116	GJC	Nível Barragem (Elevação)	108IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
117	GJC	Nível Barragem (Elevação)	109IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
118	GJC	Nível Barragem (Elevação)	110IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
119	GJC	Nível Barragem (Elevação)	111IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
120	GJC	Nível Barragem (Elevação)	112IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
121	GJC	Nível Barragem (Elevação)	113IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
122	GJC	Nível Barragem (Elevação)	114IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
123	GJC	Nível Barragem (Elevação)	115IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
124	GJC	Nível Barragem (Elevação)	116IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
125	GJC	Nível Barragem (Elevação)	117IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
126	GJC	Nível Barragem (Elevação)	118IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
127	GJC	Nível Barragem (Elevação)	119IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
128	GJC	Nível Barragem (Elevação)	120IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
129	GJC	Nível Barragem (Elevação)	121IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
130	GJC	Nível Barragem (Elevação)	122IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
131	GJC	Nível Barragem (Elevação)	123IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
132	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
133	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
134	GJC	Nível Barragem (Elevação)	124IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
135	GJC	Nível Barragem (Elevação)	125IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
136	GJC	Nível Barragem (Elevação)	126IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
137	GJC	Nível Barragem (Elevação)	127IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
138	GJC	Nível Barragem (Elevação)	128IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
139	GJC	Nível Barragem (Elevação)	129IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
140	GJC	Nível Barragem (Elevação)	130IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
141	GJC	Nível Barragem (Elevação)	131IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
142	GJC	Nível Barragem (Elevação)	132IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
143	GJC	Nível Barragem (Elevação)	133IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
144	GJC	Nível Barragem (Elevação)	134IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
145	GJC	Nível Barragem (Elevação)	135IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
146	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
147	GJC	Nível Barragem (Elevação)	136IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
148	GJC	Nível Barragem (Elevação)	137IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
149	GJC	Nível Barragem (Elevação)	138IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
150	GJC	Nível Barragem (Elevação)	139IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
151	GJC	Nível Barragem (Elevação)	140IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
152	GJC	Nível Barragem (Elevação)	141IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
153	GJC	Nível Barragem (Elevação)	142IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
154	GJC	Nível Barragem (Elevação)	143IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
155	GJC	Nível Barragem (Elevação)	144IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
156	GJC	Nível Barragem (Elevação)	145IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
157	GJC	Nível Barragem (Elevação)	146IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
158	GJC	Nível Barragem (Elevação)	147IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
159	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
160	GJC	Nível Barragem (Elevação)	148IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
161	GJC	Nível Barragem (Elevação)	149IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
162	GJC	Nível Barragem (Elevação)	150IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
163	GJC	Nível Barragem (Elevação)	151IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
164	GJC	Nível Barragem (Elevação)	152IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
165	GJC	Nível Barragem (Elevação)	153IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
166	GJC	Nível Barragem (Elevação)	154IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
167	GJC	Nível Barragem (Elevação)	155IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
168	GJC	Nível Barragem (Elevação)	156IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
169	GJC	Nível Barragem (Elevação)	157IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17	-1224	S	N/A		
170	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R1IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
171	GJC	Nível Barragem (Elevação)	R2IND1	Nível 4/20mA	Início 06/2014	01/06/14	25/10/17		N/A	RESERVA		
172	GJC	Inst. UG01 HPU		TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
173	GJC	Inst. UG01 Enr. Est.	TIS-02-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
174	GJC	Inst. UG01 Enr. Est.	TIS-02-G102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
175	GJC	Inst. UG01 Enr. Est.	TIS-02-G103	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
176	GJC	Inst. UG01 Enr. Est.	TIS-01-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
177	GJC	Inst. UG01 Enr. Est.	TIS-01-G102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
178	GJC	Inst. UG01 Nuc. Est.	TIS-01-G103	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
179	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-05-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		
180	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-05-G102	TEMP. PT100	Início 05/2014	01/01/12	25/10/17	-2094	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparavel pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
181	GJC	Inst. UG01 Mancal	LIS-05-G101	Nível (mm) 4/20mA	Início 12/2012	01/01/12	01/03/15	1140	F	03/2015	Desligou geral	
182	GJC	Inst. UG01 Mancal	LIS-05-G101	Nível (mm) 4/20mA	03/2015	01/03/15	25/10/17	-954	S	N/A		
183	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-07-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
184	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-07-G102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
185	GJC	Inst. UG01 Mancal	LIS-07-G101	Nível 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
186	GJC	Inst. UG01 Troc. Ar/Agua	TIS-03-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
187	GJC	Inst. UG01 Troc. Ar/Agua	TIS-03-G102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
188	GJC	Inst. UG01 Troc. Ar/Agua	FIS-03-G101	Vazão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
189	GJC	Inst. UG01 Ar Frenagem	PIS-10-G101	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
190	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-06-G101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
191	GJC	Inst. UG01 Ved. Eixo	TIS-33-T101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
192	GJC	Inst. UG01 Ved. Eixo	TIS-33-T102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
193	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T101	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
194	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T102	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
195	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T103	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
196	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T104	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
197	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T105	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
198	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T106	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
199	GJC	Inst. UG01 Mancal	TIS-26-T107	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
200	GJC	Inst. UG01 Mancal	LIS-26T101	Nível (mm) 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
201	GJC	Inst. UG01 Tubo de Sucção	PIS-38T101	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
202	GJC	Inst. UG02 HPU		TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
203	GJC	Inst. UG02 Enr. Est.	TIS-02-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
204	GJC	Inst. UG02 Enr. Est.	TIS-02-G202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
205	GJC	Inst. UG02 Enr. Est.	TIS-02-G203	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
206	GJC	Inst. UG02 Enr. Est.	TIS-01-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
207	GJC	Inst. UG02 Enr. Est.	TIS-01-G202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
208	GJC	Inst. UG02 Nuc. Est.	TIS-01-G203	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
209	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-05-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
210	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-05-G202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
211	GJC	Inst. UG02 Mancal	LIS-05-G201	Nível 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
212	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-07-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
213	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-07-G202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
214	GJC	Inst. UG02 Mancal	LIS-07-G201	Nível 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
215	GJC	Inst. UG02 Troc. Ar/Agua	TIS-03-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
216	GJC	Inst. UG02 Troc. Ar/Agua	TIS-03-G202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
217	GJC	Inst. UG02 Troc. Ar/Agua	FIS-03-G201	Vazão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
218	GJC	Inst. UG02 Ar Frenagem	PIS-10-G201	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
219	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-06-G201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
220	GJC	Inst. UG02 Ved. Eixo	TIS-33-T201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
221	GJC	Inst. UG02 Ved. Eixo	TIS-33-T202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
222	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T201	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
223	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T202	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
224	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T203	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
225	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T204	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
226	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T205	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
227	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T206	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
228	GJC	Inst. UG02 Mancal	TIS-26-T207	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
229	GJC	Inst. UG02 Mancal	LIS-26T201	Nível (mm) 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
230	GJC	Inst. UG02 Tubo de Sucção	PIS-38T201	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
231	GJC	Inst. UG03 HPU		TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
232	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-02-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparavel pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
233	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-02-G302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
234	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-02-G303	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
235	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-01-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
236	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-01-G302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
237	GJC	Inst. UG03 Enr. Estator	TIS-01-G303	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
238	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-05-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
239	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-05-G302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
240	GJC	Inst. UG03 Mancal	LIS-05-G301	Nível (mm) 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	01/05/14	510	F	05/2014	Desligou geral	
241	GJC	Inst. UG03 Mancal	LIS-05-G301	Nível (mm) 4/20mA	05/2014	01/05/14	25/10/17	-1254	S	N/A		
242	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-07-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
243	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-07-G302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
244	GJC	Inst. UG03 Mancal	LIS-07-G301	Nível 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
245	GJC	Inst. UG03 Troc. Ar/Água	TIS-03-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
246	GJC	Inst. UG03 Troc. Ar/Água	TIS-03-G302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
247	GJC	Inst. UG03 Troc. Ar/Água	FIS-03-G301	Vazão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
248	GJC	Inst. UG03 Ar Frenagem	PIS-10-G301	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
249	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-06-G301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
250	GJC	Inst. UG03 Ved. Eixo	TIS-33-T301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
251	GJC	Inst. UG03 Ved. Eixo	TIS-33-T302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
252	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T301	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
253	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T302	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
254	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T303	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
255	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T304	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
256	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T305	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
257	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T306	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
258	GJC	Inst. UG03 Mancal	TIS-26-T307	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
259	GJC	Inst. UG03 Mancal	LIS-26T301	Nível (mm) 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
260	GJC	Inst. UG03 Tubo de Sucção	PIS-38T301	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
261	GJC	Inst. UG04 Enr. Estator	TIS-02-G401	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
262	GJC	Inst. UG04 Enr. Estator	TIS-02-G402	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
263	GJC	Inst. UG04 Enr. Estator	TIS-02-G403	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
264	GJC	Inst. UG04 Nucleo Estator	TIS-01-G401	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
265	GJC	Inst. UG04 Mancal	TIS-05-G401	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
266	GJC	Inst. UG04 Mancal	TIS-05-G402	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
267	GJC	Inst. UG04 Mancal	TE-07-G401	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
268	GJC	Inst. UG04 Mancal	TE-07-G403	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
269	GJC	Inst. UG04 Entr. Cx Espiral	PIS-36-T401	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
270	GJC	Inst. UG04 Saída Sucção	PIS-38-T401	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
271	GJC	Inst. UG04 Óleo Hidráulico	PIS-39-T401	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
272	GJC	Inst. UG04 Mancal	TIS-07-G402	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
273	GJC	Inst. UG04 HPU		TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
274	GJC	Inst. UG05 Enr. Estator	TIS-02-G501	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
275	GJC	Inst. UG05 Enr. Estator	TIS-02-G502	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
276	GJC	Inst. UG05 Enr. Estator	TIS-02-G503	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
277	GJC	Inst. UG05 Nucleo Estator	TIS-01-G501	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
278	GJC	Inst. UG05 Mancal	TIS-05-G501	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
279	GJC	Inst. UG05 Mancal	TIS-05-G502	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
280	GJC	Inst. UG05 Mancal	TIS-07-G501	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
281	GJC	Inst. UG05 Mancal	TIS-07-G503	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
282	GJC	Inst. UG05 Entr. Cx Espiral	PIS-36-T501	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
283	GJC	Inst. UG05 Saída Sucção	PIS-38-T501	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
284	GJC	Inst. UG05 Óleo Hidráulico	PIS-39-T501	Pressão 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
285	GJC	Inst. UG05 Mancal	TIS-07-G502	TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
286	GJC	Inst. UG05 HPU		TEMP. PT100	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		
287	GJC	Esgotamento complementar	P11	Nível (elev.) 4/20mA	Início 12/2012	01/12/12	25/10/17	-1764	S	N/A		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
					2002-2011	01/01/02	25/07/11	3444	F			30/2011
1	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 1)	49TEX-A	Temperatura	2011-2015	25/07/11	25/10/17	-2250	S	2002-2011	Causa: Defeito interno no monitor de temperatura da fase A do CTEX da Unidade 1. Efeito: Falha na indicação de temperatura local (dispay) e no Sistema de Supervisão e Controle da unidade. Ação tomada: Substituído por equipamento sobressalente disponível no almoxarifado.	
					2002-2011	01/01/02	25/07/11	3444	F			30/2011
2	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 1)	49TEX-B	Temperatura	2011-2015	25/07/11	25/10/17	-2250	S	2002-2011	Causa: Falha intermitente na indicação do display do monitor de temperatura da fase B do CTEX da Unidade 1. Efeito: Alarme de falha no mostrador digital do mesmo. Ação tomada: Substituído por equipamento sobressalente disponível no almoxarifado.	
					2002-2015	01/01/02	25/10/17	-5694	S			
3	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 1)	49TEX-C	Temperatura	2002-2009	01/01/02	28/09/09	2787	F			40/2009
					2009-2015	28/09/09	25/10/17	-2907	S	2002-2009	Causa: defeito interno no presys da fase A do CTEX da Unidade 02. Efeito: perda de medição. Solução: substituído o instrumento com defeito por um presys reserva e liberado o circuito de medição sem restrição.	
					2002-2006	01/01/02	07/08/06	1656	F			32/2006
5	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 2)	49TEX-B	Temperatura	2006-2015	07/08/06	25/10/17	-4038	S	2002-2006	Causa : defeito no instrumento de medição Efeito : perda de confiabilidade nas medições efetuadas. Ação Tomada: substituição do indicador Presys n.º de série 234 10 97 , modelo (1-1-1-1-1-0-0-) pelo indicador Presys n.º de série 265 11 97, modelo (1-1-1-1-1-0-0-E)	
					2002-2009	01/01/02	28/09/09	2787	F			40/2009
6	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 2)	49TEX-C	Temperatura	2009-2015	28/09/09	25/10/17	-2907	S	2002-2009	Causa: defeito interno no instrumento da fase C do CTEX da Unidade 02. Efeito: perda de medição. Solução: substituído o presys com defeito por um presys reserva e liberado o circuito de medição sem restrição.	
					2002-2004	01/01/02	26/04/04	835	F			18/2004 32/2004
7	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 3)	49TEX-A	Temperatura	2004-2015	26/04/04	25/10/17	-4859	S	2002-2004	Causa: defeito interno no instrumento do CETEX 03 (fase A). Efeito: perda de medição de temperatura da fase A. Ação: foi realizado inspeção no circuito e constatado defeito no instrumento, mas não foi possível resolver o problema em razão da falta de equipamento reserva.	
					2002-2006	01/01/02	12/02/06	1481	F			07/2006
8	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 3)	49TEX-B	Temperatura	2006-2015	12/02/06	25/10/17	-4213	S	2002-2006	Causa: defeito no intrumento de indicação de temperatura do Trafo de Excitação. Efeito : perda de medição. Solução : substituição do instrumento	

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
					2002-2007	01/01/02	29/01/07	1828	F			05/2007
9	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 3)	49TEX-C	Temperatura	2007-2015	29/01/07	25/10/17	-3866	S	2002-2007	Falha inetrna, sem indicação no isplay	
					2002-2004	01/01/02	08/08/04	937	F			32/2004
10	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 4)	49TEX-A	Temperatura	2004-2015	08/08/04	25/10/17	-4757	S	2002-2004	Causa: retirada do indicador de temperatura da fase A (CTEX) da Unidade04. Efeito: perda de medição da fase A.	
					2002-2005	01/01/02	31/01/05	1110	F			mai/05
11	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 4)	49TEX-B	Temperatura	2005-2015	31/01/05	25/10/17	-4585	S	2002-2005	Causa: medição incorreta de temperatura do trafo (CTEX) da fase B. Efeito: Erro na indicação para o SDSC em +/- 8°C, em relação ao DISPLAY. Ação Tomada: Foi substituído o instrumento N. Série 233.1097, modelo 2030.1111100 por outro N.série 266.1197, modelo 2030.1111100E. Realizado ensaio e conferido a indicação no SDSC.	
					2002-2004	01/01/02	01/01/04	720	F			????
12	GNB	Transformadores do sistema excitação da unidade-TEX (CTEX- 4)	49TEX-C	Temperatura	2004-2015	01/01/04	25/10/17	-4974	S	2002-2004	Causa: defeito no intrumento de indicação de temperatura do Trafo de Excitação. Efeito : perda de medição. Solução : substituição do instrumento	
					2002-2005	01/01/02	01/01/05	1080	F			47/2005
13	GNB	Transformador Serv. Aux. 113,8 kV - CTU-1 e CTU-2	49CTU-1 e 49CTU-2	Temperatura	2005-2015	01/01/05	25/10/17	-4614	S	2002-2005	Os. 50522 -Causa: defeito interno nos indicadores. Efeito: falta de indicação local e no SDSC.	
						01/01/15	31/12/15	360	F			
14	GNB	Transformador Serv. Aux. 113,8 kV - CTU-1	CTU-1	Temperatura	2015	31/12/15	25/10/17	-655	S	2015	Foi efetuada a substituição do controlador/indicador no CTU 01 devido a falha interna, provavelmente ocasionada por surto de manobras. Após a substituição foram efetuados testes que estão anotados na planilha anexa onde consta o patrimônio do equipamento calibrado utilizado para o ensaio.	
						01/01/15	31/12/15	360	F			
15	GNB	Transformador Serv. Aux. 113,8 kV - CTU-2	CTU-2	Temperatura	2015	31/12/15	25/10/17	-655	S	2015	Foi efetuada a substituição do controlador/indicador no CTU 02 devido a falha interna, provavelmente ocasionada por surto de manobras, apresentando o fechamento simultâneo dos relés de saída e mensagem "OVER" no display do indicador. Por este motivo ocorreu abertura do disjuntor 52A no PDC-CF (DGA-CF). Após a substituição foram efetuados testes que estão anotados na planilha anexa onde consta o patrimônio do equipamento calibrado utilizado para o ensaio.	
16	GNB	Mnacaal Guia do Gerador - Nível de óleo (Unidade 01)	71QMG3	Nível	2005-2015	01/01/05	25/10/17	-4614	S		Instalado 2005	

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falha)	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
17	GNB	Mnocal Guia do Gerador - Nível de óleo (Unidade 02)	71QMG3	Nível	2005-2015	01/01/05	25/10/17	-4614	S		Instalado 2005	
18	GNB	Mnocal Guia do Gerador - Nível de óleo (Unidade 03)	71QMG3	Nível	2004-2015	01/01/04	25/10/17	-4974	S		Instalado 2004	
19	GNB	Mnocal Guia do Gerador - Nível de óleo (Unidade 04)	71QMG3	Nível	2005-2015	01/01/05	25/10/17	-4614	S		Instalado 2005	
					2011-2015	01/01/11	01/01/15	-1440	S			
20	GNB	Temperatura de óleo (Reservatório) do Reg. De Velocidade (Unidade 01)	38QT	Temperatura	2015	01/01/15	25/10/17	-1014	S	2011-2015	Instalado em 2011, U1, Sistema de Supervisão, falha na indicação de temperatura do óleo na cuba do RHV, no VTS apresenta valor -25°C, medição através do Presys está normal.	
21	GNB	Temperatura de óleo (Reservatório) do Reg. De Velocidade (Unidade 02)	38QT	Temperatura	2011-2015	01/01/11	25/10/17	-2454	S		Instalado em 2011	
22	GNB	Temperatura de óleo (Reservatório) do Reg. De Velocidade (Unidade 03)	38QT	Temperatura	2010-2015	01/01/10	25/10/17	-2814	S		Instalado em 2010	
23	GNB	Temperatura de óleo (Reservatório) do Reg. De Velocidade (Unidade 04)	38QT	Temperatura	2010-2015	01/01/10	25/10/17	-2814	S		Instalado em 2010	
						01/01/14	01/01/15	360	F			
36	DRJ	Indicação de temperatura Alta do óleo de Regulação da UHE DRJ	38QRV	Temperatura	2015	01/01/15	25/10/17	-1014	S	2014-2015	Instalado em 2014	
37	DRJ	Controle de nível do sistema de Drenagem da UHE DRJ.	71WP1	Nível (Drenagem)-Instrumento 1		01/01/15	25/10/17	-1014	S		Instalados em 2015	
38	DRJ	Controle de nível do sistema de Drenagem da UHE DRJ.	71WP2	Nível (Drenagem)-Instrumento 2		01/01/15	25/10/17	-1014	S		Instalados em 2015	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
1	UHE CAV	medição de temperatura do metal mancais A e B – unidade01	38G1-P1	Temperatura	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	
					2010	01/01/10	01/06/14	1590	F			
2	UHE CAV	medição de rotação da unidade – unidade 01	12E	Rotação	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2010	Instalado na melhoria do sistema de medição de rotação da unidade, implantando a medição por roda	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
3	UHE CAV	medição de temperatura do metal mancal E e sala de máquinas – unidade01	38G1-P2	Temperatura	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
4	UHE CAV	medição de temperatura do enrolamento do estator e cuba RHV – unidade01	38P3	Temperatura	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
5	UHE CAV	medição de temperatura do metal mancais A e B – unidade02	38G2-P1	Temperatura	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
6	UHE CAV	medição de temperatura do mancal E e topo de óleo do transformador	38G2-P2	Temperatura	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
7	UHE CAV	medição de temperatura do estator unidade 02	38G2-P3	Temperatura	2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
					2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2004	Enchente Junho 2014	
					2004	01/01/04	01/06/14	3750	F			
8	UHE CAV	medição de rotação da unidade unidade 02	12E	Rotação	2015	01/06/14	25/10/17	-1224	S	2010	Enchente Junho 2014	
					2004	01/01/04	01/06/08	1590	F			
9	UHE CIM	medição de rotação da unidade unidade 01	12E	Rotação	2008	01/01/08	25/10/17	-3534	S	2008	Enchente Junho 2014	
10	UHE FCH	medição de temperatura do óleo MCGE – unid.01	TIS205	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
11	UHE FCH	medição de temperatura do enrolamento do estator – unid.01	TIS206	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
12	UHE FCH	pressão bomba de injeção de óleo mancal escora – unid.01	PS201	Pressão	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
13	UHE FCH	Temperatura do metal MGT – unid.01	TIS101	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
14	UHE FCH	Temperatura do óleo MGT – unid.01	TIS102	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
15	UHE FCH	Vazão de saída água de resfriamento MGT – unid.01	FS101	Fluxo	2008	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001	Substituído devido a falha do anterior e adotado o uso do XXX por ter mais confiabilidade	
16	UHE FCH	Temperatura metal MGG – unid.01	TIS201	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
17	UHE FCH	Temperatura óleo MGG -unid.01	TIS202	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
18	UHE FCH	Temperatura metal MCGE – unid.01	TIS203	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
19	UHE FCH	Temperatura do metal MCGE escora – unid.01	TIS204	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
20	UHE FCH	Vazão de saída de água de resfriamento dos trocadores do gerador – unid.01	FS201	Fluxo	2008	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001	Substituído devido a falha do anterior e adotado o uso do XXX por ter mais confiabilidade	
21	UHE FCH	Pressão RHV – unid.01	12E	Pressão	2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	2012	Instalado devido as constantes desajustes dos pressostatos mecânicos contidos no RHV (resultado de análise de ocorrências). Mantido somente o pressostato de pressão muito baixa como garantia de trip da unidade em caso de falha do sistema instalado.	
22	UHE FCH	Temperatura do metal MGG – unid.02	TIS201	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
23	UHE FCH	Temperatura óleo MGG – unid.02	TIS202	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
24	UHE FCH	Temperatura do metal MCGE Guia Patim	TIS203	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
25	UHE FCH	Temperatura do metal MCGE Escora	TIS204	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
26	UHE FCH	Temperatura óleo MCGE	TIS205	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
27	UHE FCH	Temperatura enrolamento estator	TIS206	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
28	UHE FCH	pressão bomba de injeção de óleo mancal escora – unid.02	PS201	Pressão	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
29	UHE FCH	Temperatura do metal MGT – unid.02	TIS101	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
30	UHE FCH	Temperatura do óleo MGT – unid.02	TIS102	Temperatura	2001	01/01/01	25/10/17	-6054	S	2001		
33	UHE FCH	Pressão RHV – unid.02	12E	Pressão	2012	01/01/12	25/10/17	-2094	S	2012	Instalado devido as constantes desajustes dos pressotatos mecânicos contidos no RHV (resultado de análise de ocorrências). Mantido somente o pressotato de pressão muito baixa como garantia de trip da unidade em caso de falha do sistema instalado.	
	UHE SCL01	TEMPERATURA MGS		TEMPERATURA	27/09/2010 até Hoje	27/09/2010	25/10/17	-2548	S			
	UHE SCL01	TEMPERATURA MGT		TEMPERATURA	27/09/2010 até Hoje	27/09/2010	25/10/17	-2548	S			
	UHE SCL01	TEMPERATURA MEC		TEMPERATURA	27/09/2010 até Hoje	27/09/2010	25/10/17	-2548	S			
	UHE SCL01	TEMPERATURA MGC		TEMPERATURA	27/09/2010 até Hoje	27/09/2010	25/10/17	-2548	S			
	UHE SCL02	TEMPERATURA MGS		TEMPERATURA	02/12/2009 até Hoje	02/12/2009	25/10/17	-2843	S			
	UHE SCL02	TEMPERATURA MGT		TEMPERATURA	02/12/2009 até Hoje	02/12/2009	25/10/17	-2843	S			
	UHE SCL02	TEMPERATURA MEC		TEMPERATURA	02/12/2009 até Hoje	02/12/2009	25/10/17	-2843	S			
	UHE SCL02	TEMPERATURA MGC		TEMPERATURA	02/12/2009 até Hoje	02/12/2009	25/10/17	-2843	S			
	UHE FND01	TEMPERATURA MGS		TEMPERATURA	14/08/2008 até Hoje	14/08/2008	25/10/17	-3311	S			
	UHE FND01	TEMPERATURA MGT		TEMPERATURA	14/08/2008 até Hoje	14/08/2008	25/10/17	-3311	S			
	UHE FND01	TEMPERATURA MEC		TEMPERATURA	14/08/2008 até Hoje	14/08/2008	25/10/17	-3311	S			
	UHE FND01	TEMPERATURA MGC		TEMPERATURA	14/08/2008 até Hoje	14/08/2008	25/10/17	-3311	S			
	UHE FND02	TEMPERATURA MGS		TEMPERATURA	16/08/2008 até Hoje	16/08/2008	25/10/17	-3309	S			
						16/08/08	22/05/10	636	F			
	UHE FND02	TEMPERATURA MGT		TEMPERATURA	22/05/2010 até Hoje	22/05/2010	25/10/17	-2673	S	16/08/2008 até 22/05/2010	Falha na leitura de temperatura, canal 01	
	UHE FND02	TEMPERATURA MEC		TEMPERATURA	16/08/2008 até Hoje	16/08/2008	25/10/17	-3309	S			
	UHE FND02	TEMPERATURA MGC		TEMPERATURA	16/08/2008 até Hoje	16/08/2008	25/10/17	-3309	S			

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG		FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
PBG-11	GJR	Mancal Gerador	38	P3 MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	38	P10 MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
PBT-U1	GJR	Mancal Escora	38	P1 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P4 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P7 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P10 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	Q ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	P1 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	P10 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	Q MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	71	Q MT Q MT	Nível	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
RAT-U1	GJR	Regulador Tensão	38	+2GA	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GB	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GC	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
CRE-U1	GJR	Água /Óleo	80	WME QME	Vazão	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Resfriamento	38	QTME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
PBG-21	GJR	Mancal Gerador	38	P3 MG	Temperatura	2004 - 2015	01/01/04	03/11/15	4262	F			
	GJR	Mancal Gerador	38	P10 MG	Temperatura	2015 - 2016	03/11/15	25/10/17	-712	S	2004 - 2015	FALHA RELE SAIDA	
	GJR	Mancal Gerador	38	38A/MA-MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	38	38E/SWR-TCG	Temperatura	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	71	71/A-MGG	Nível	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-	
	GJR	Radiadores Gerador	80	80B-WG	Vazão	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-	

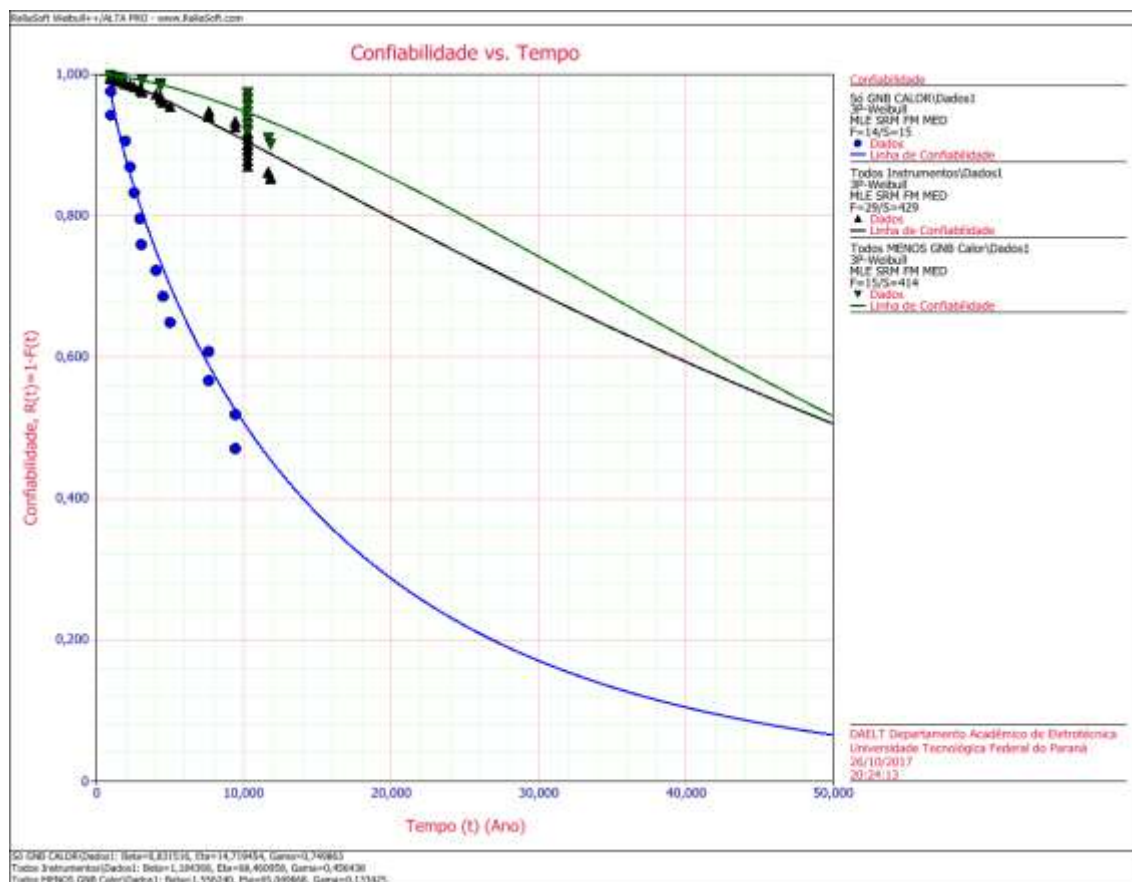
ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG	FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparavel pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
PBT- U2	GJR	Mancal Escora	38	P1 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P4 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P7 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P10 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	Q ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	P1 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	P10 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	Q MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
RAT- U2	GJR	Mancal Turbina	71	Q MT Q MT	Nível	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GA	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GB	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-
CRE- U2	GJR	Regulador Tensão	38	+2GC	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-
	GJR	Água /Óleo	80	WME QME	Vazão	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Resfriamento	38	QIME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
PBG- 31	GJR	Mancal Gerador	38	P3 MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Gerador	38	P10 MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	01/01/16	4320	F	-	FALHA RELE SAIDA
	GJR	Mancal Gerador	38	A/MA-MG	Temperatura	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-
	GJR	Mancal Gerador	38	ESWR- TCG	Temperatura	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-
	GJR	Mancal Gerador	71	A-MGG	Nível	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-
	GJR	Radiadores Gerador	80	B-WG	Vazão	2015 - 2016	01/01/15	25/10/17	-1014	S	-	-
PBT- U3	GJR	Mancal Escora	38	P1 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P4 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P7 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	P10 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Escora	38	Q ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	P1 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	P10 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
	GJR	Mancal Turbina	38	Q MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
GJR	Mancal Turbina	71	Q MT Q MT	Nível	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	

ITEM	USINA	EQUIPAMENTO-SISTEMA	TAG		FUNÇÃO (TEMPERATURA, ROTAÇÃO, ETC)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO ATUAL	Devido ao instrumento ser um elemento não reparável pode-se adotar a data de instalação como data inicial (se o ele foi trocado em 1999 desde então não houve falh	Data Final Considerada	Sinal de menos = Suspensão Sem sinal = Falha	Falha (F) ou Suspensão (S)	PERÍODO DE OPERAÇÃO DO INDICADOR ANTERIOR	MOTIVO DA SUBSTITUIÇÃO	SEMANA DA FALHA
RAT- U3	GJR	Regulador Tensão	38	+2GA	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GB	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GC	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
CRE- U3	GJR	Água /Óleo	80	WME QME	Vazão	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Resfriamento	38	QTME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
PBG- 41	GJR	Mancal Gerador	38	P3 MG	Temperatura	2007 - 2016	01/01/07	25/10/17	-3894	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	38	P10 MG	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	38	A/MA-MG	Temperatura	2016	01/01/16	25/10/17	-654	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	38	E/SWR- TCG	Temperatura	2016	01/01/16	25/10/17	-654	S	-	-	
	GJR	Mancal Gerador	71	A-MGG	Nível	2016	01/01/16	25/10/17	-654	S	-	-	
	GJR	Radiadores Gerador	80	B-WG	Vazão	2016	01/01/16	25/10/17	-654	S	-	-	
PBT- U4	GJR	Mancal Escora	38	P1 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P4 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P7 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	P10 ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Escora	38	Q ME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	P1 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	P10 MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
	GJR	Mancal Turbina	38	Q MT	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	
RAT- U4	GJR	Regulador Tensão	38	+2GA	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GB	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	GJR	Regulador Tensão	38	+2GC	Temperatura	1999 - 2015	01/01/99	25/10/17	-6774	S	-	-	
	CRE- U4	GJR	Água /Óleo	80	WME QME	Vazão	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-
GJR		Resfriamento	38	QTME	Temperatura	2004 - 2016	01/01/04	25/10/17	-4974	S	-	-	

Fonte: o autor, 2017.

APÊNDICE B - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS TRÊS ANÁLISES

Gráfico B.1 – Confiabilidade vs. Tempo

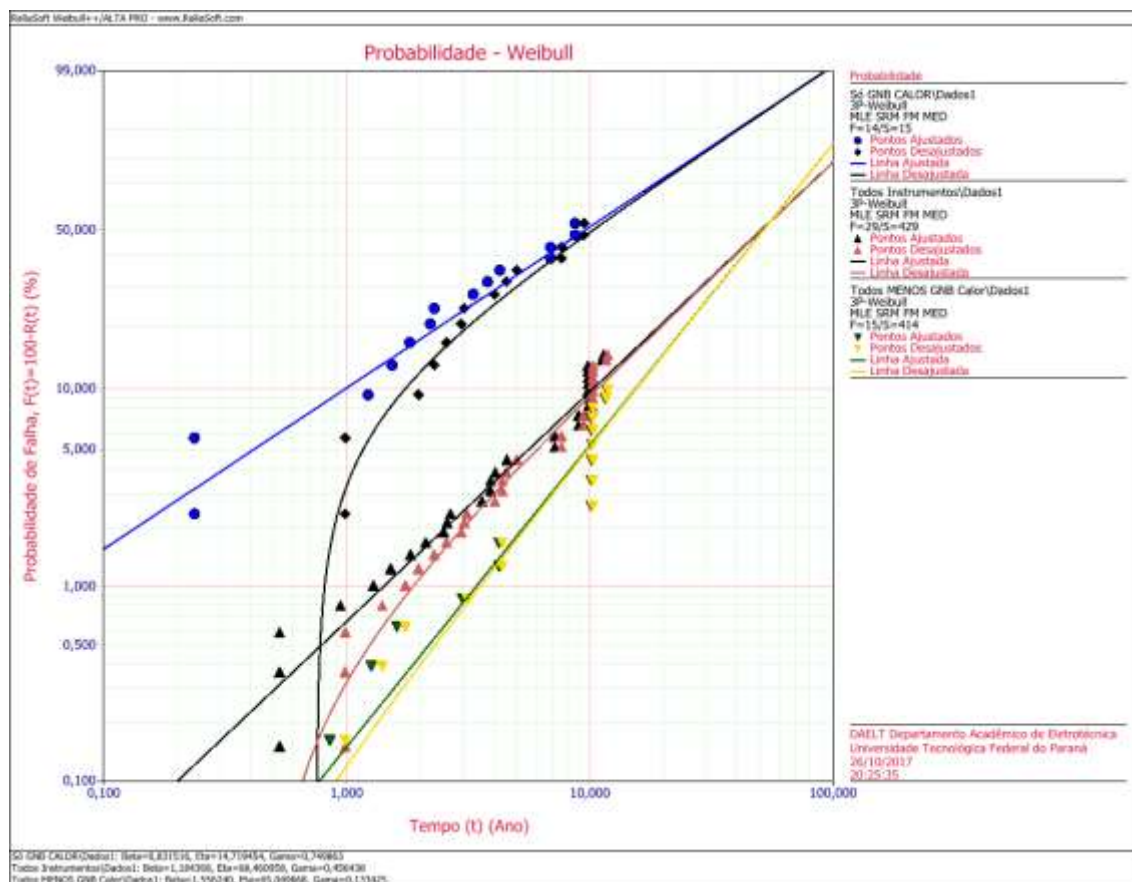


Fonte: o autor, 2017.

Considerações para o Gráfico B.1 e os demais deste Apêndice:

- Curva preta: todos os dados
- Curva verde: todos os dados, exceto UHEGNB
- Curva azul: dados somente UHEGNB

Gráfico B.2 – Probabilidade Weibull

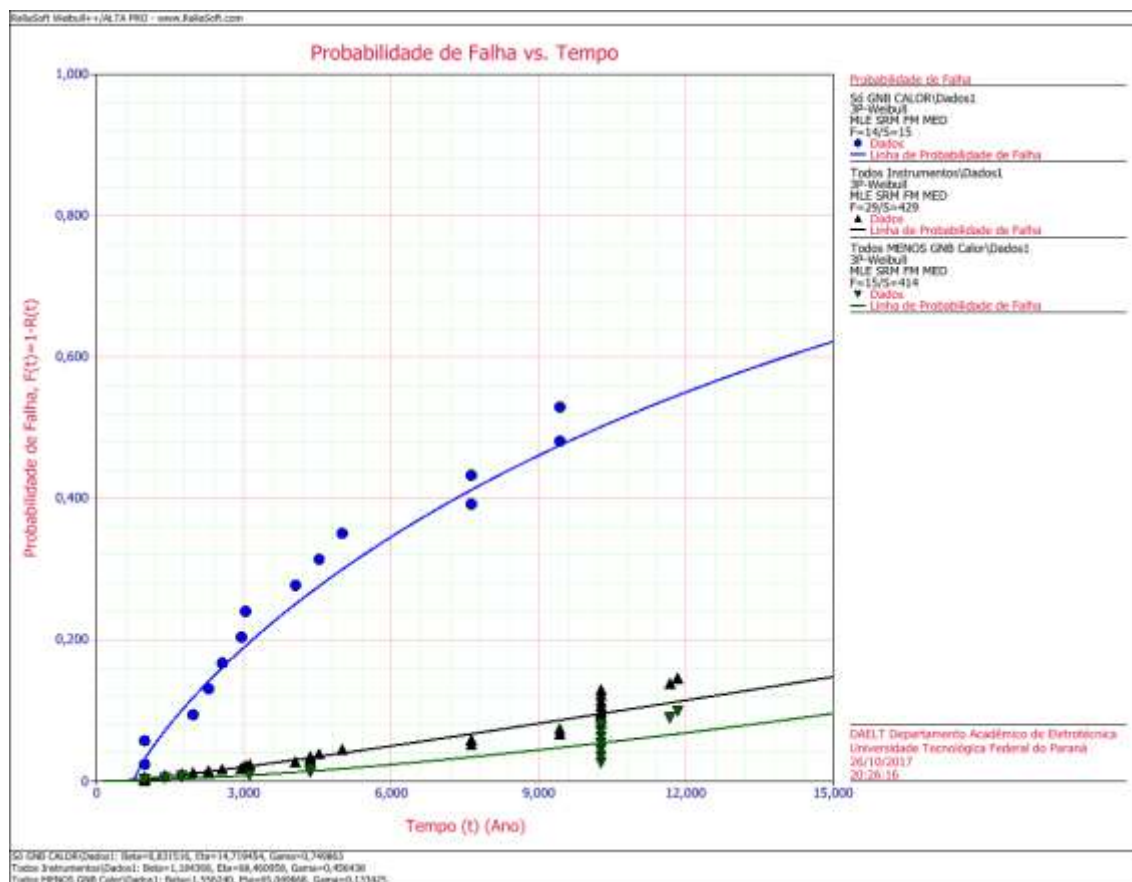


Fonte: o autor, 2017.

Para o Gráfico B.2 as curvas preta, verde e azul, são as curvas ajustadas.

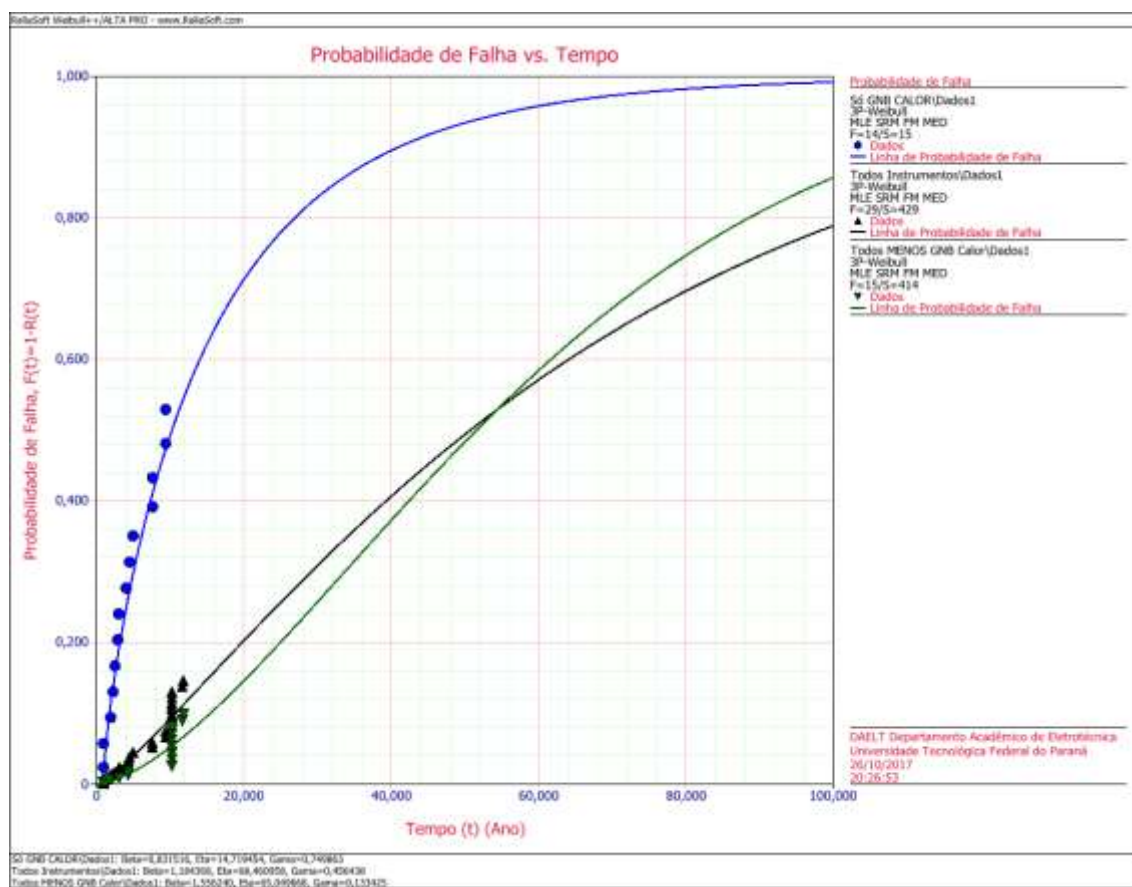
- Curva preta: todos os dados
- Curva verde: todos os dados, exceto UHEGNB
- Curva azul: dados somente UHEGNB

Gráfico B.3 – Probabilidade de Falha vs. Tempo (t=15 anos)

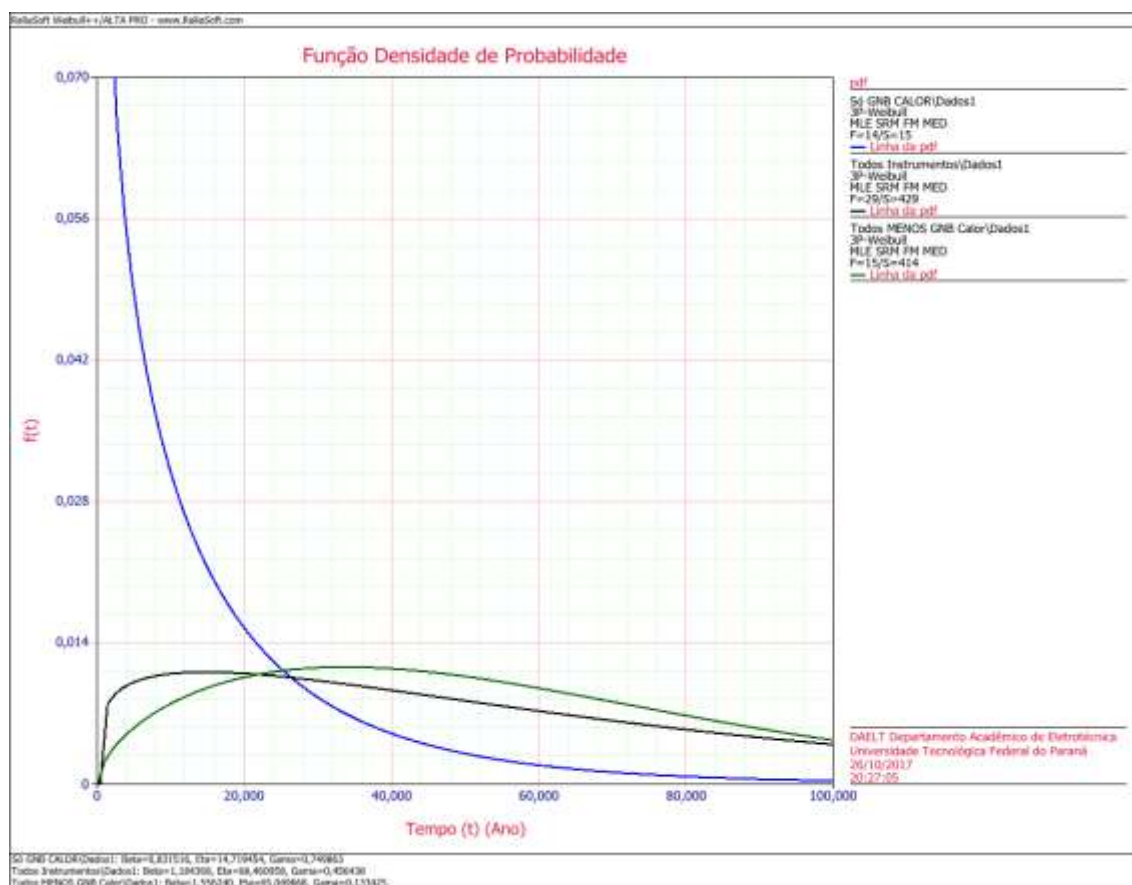


Fonte: o autor, 2017.

Gráfico B.4 – Probabilidade de Falha vs. Tempo (t=100 anos)

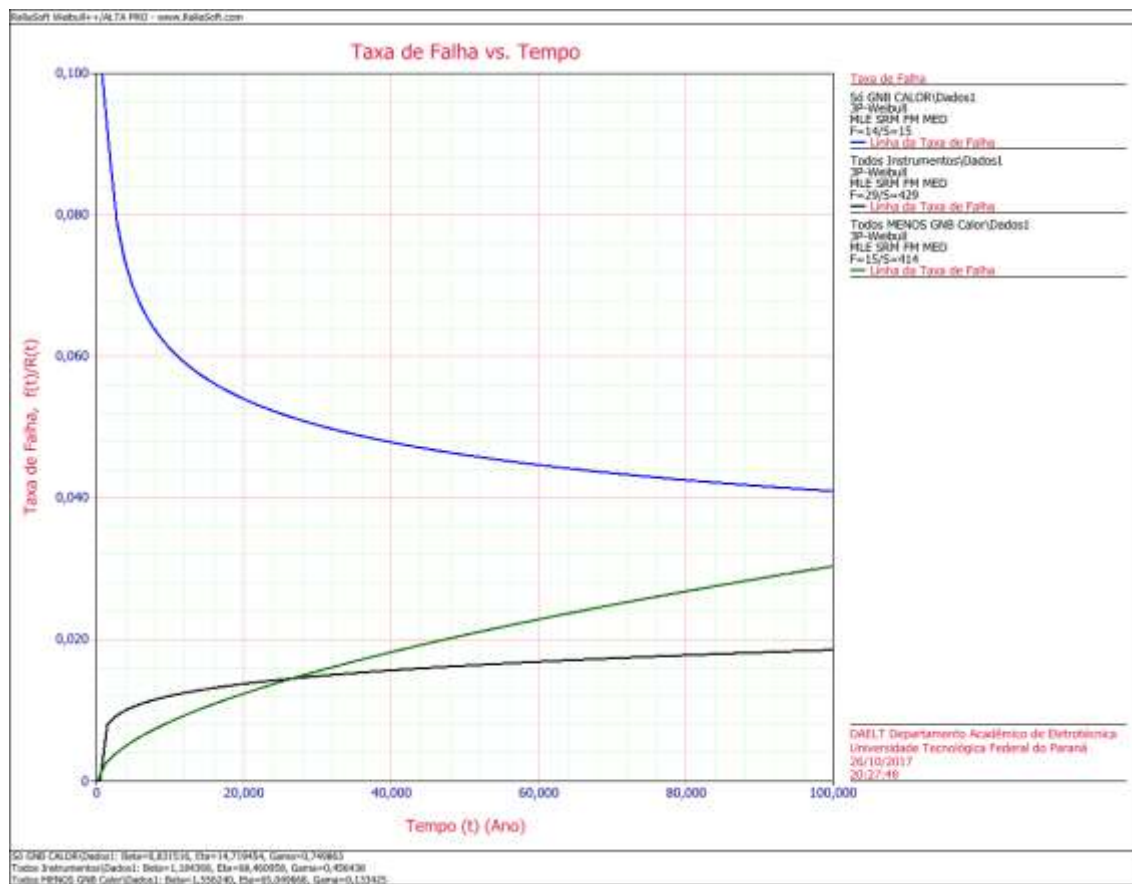


Fonte: o autor, 2017.

Gráfico B.5 – Função Densidade de Probabilidade (*pdf*)

Fonte: o autor, 2017.

Gráfico B.6 – Taxa de Falha vs. Tempo



Fonte: o autor, 2017.