

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

CLEMILSON DE BRITO

**DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE GARANTIA PARA SERVIÇOS DE  
MANUTENÇÃO EM INDÚSTRIA QUÍMICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

CLEMILSON DE BRITO

**DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE GARANTIA PARA SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO EM  
INDÚSTRIA QUÍMICA**

Monografia de especialização apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Confiabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia da Confiabilidade”.

Orientador: Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2016

## **Agradecimento**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rodrigues por me guiar através do espinhoso, porém gratificante caminho do aprendizado.

Agradeço aos gestores Marcelo Coldebella Dias, Rafael Lara Russo e Rogério Andrade todo o aporte necessário perante a empresa sem o qual, certamente, não seria possível a realização desta pós-graduação e deste trabalho.

Agradeço e peço desculpas a todos colegas de trabalhos nos quais importanei com afinco para conseguir os dados necessários para este trabalho e muitas vezes até transgredi hierarquias para consegui-los.

Um agradecimento aos colegas de classe por aturar os meus devaneios até chegar ao tema no qual iria desenvolver esta monografia e também pelo compartilhamento de experiências no qual enriqueceu minha vida.

Agradeço a minha namorada Vanessa pela paciência e ajuda pelos momentos de ausência e dificuldades encontradas ao longo do caminho.

Um eterno agradecimento à família por ter me dado toda a base necessária para chegar neste ponto.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica  
Curso de Especialização em Engenharia de Confiabilidade



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE GARANTIA PARA SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO EM INDÚSTRIA  
QUÍMICA

por

CLEMILSON DE BRITO

Esta Monografia foi apresentada em 16 de maio de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Marcelo Rodrigues, Dr.  
Orientador

---

Carlos Henrique Mariano, Dr.  
Membro Titular

---

Emerson Rigoni, Dr.  
Membro Titular

## RESUMO

Toda empresa precisa conviver com a obrigação legal de fornecer garantia em seus produtos e serviços. A garantia é o compromisso de que, qualquer falha ocorrida devido a algum desvio no processo produtivo ou na logística, seja consertado, trocado ou reembolsado o valor pago desde que sejam seguidas as orientações do fabricante. Outro fator que se faz necessário é que a falha ocorra dentro do período estabelecido, sendo este de fundamental importância estratégica. No entanto, ao se tratar de garantia de serviços é intrínseca a relação com falha humana. Utilizando ferramentas da engenharia da confiabilidade este trabalho demonstra um método aplicado para definição do período de garantia para serviços de manutenção em empresa do segmento químico incluindo investigação de possíveis causas que geram retrabalhos e análise de risco, no qual foi identificada a maior concentração de ocorrência da falha humana logo após o término do trabalho executado e que o monitoramento riscos envolvidos são decisivos para a saúde financeira da empresa.

**Palavras-chave:** confiabilidade humana, garantia, serviço, manutenção

## **ABSTRACT**

Every company needs to coexist with a legal requirement to provide warranty on their products and services. The warranty is a commitment that any failure occurred due to some deviation in the production process or logistics have to be repaired, the service or product replaced or the amount paid refunded, since followed according to the manufacturer's guidelines. However, dealing with warranty services has an intrinsic relationship with human failure. A relevant factor to validate the warranty is that the failure has to occur within a specified period, determined by the maker, which is fundamental for an important strategic. Using reliability engineering tools, this work demonstrates a method used to define the warranty period for maintenance services in chemical industries, including investigation of possible causes that generate reworks and risk analysis, which identified the highest concentration of human error right after conclusion of the work, and the follow up on involved risks are critical to the financial health of the company.

**Keywords:** human reliability, warranty, service, maintenance

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Divisões de falhas humanas .....	17
Figura 2 - Quantidade de colaboradores por unidade fabril .....	24
Figura 3 - Quantidade de retrabalho por unidade.....	25
Figura 4 - <i>Ranking</i> do teste de aderência .....	28
Figura 5 - Gráfico da pdf dos retrabalhos causados por erros .....	29
Figura 6 - Planejamento do experimento .....	31
Figura 7 - Significância dos fatores cronológicos pontuais.....	33
Figura 8 - Interação de fatores cronológicos pontuais.....	34
Figura 9 - Significância dos fatores cronológicos adquiridos.....	35
Figura 10 - Matriz de interação de fatores cronológicos adquiridos .....	35
Figura 11 - Funcionamento do hábito.....	36
Figura 12 - Identificação e classificação dos riscos.....	38
Figura 13 - Mapa de avaliação de riscos do modelo atual de contrato .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de retrabalhos por modalidade .....	26
Tabela 2 - Tipo de erro por tempo até falha (retrabalho).....	27
Tabela 3 - Comparação entre tempos de garantia .....	30
Tabela 4 - Fatores e níveis cronológicos pontuais .....	32
Tabela 5 - Fatores e níveis cronológicos adquiridos .....	32



## LISTA DE SIGLAS

**Anova** – Análise de Variância (do original Analysis of Variance)

**CLT** – Consolidação das Leis do Trabalho

**DOE** – Delineamento de experimentos (do original Design of experiments)

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual

**EWO** – Emergency Work Order

**FAC** – Ficha de análise de criticidade

**MLE** – Maximum Likelihood Estimation

**PDF** – Função Densidade de Probabilidade (do original Probability Density Functions)

**WCM** – World Class Manufacturing

## LISTA DE SIMBOLOS

$\theta$  – Parâmetros que precisam ser estimados

$\prod$  – Produto dos termos

$\mu$  – Média dos logaritmos natural de tempos até falha

$\sigma$  – Desvio padrão dos logaritmos natural de tempos até falha

$\pi$  – Número irracional que representa a divisão entre uma circunferência e o diâmetro correspondente

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Tema.....	11
1.2. Delimitação do tema.....	12
1.3. Formulação do problema .....	12
1.4. Objetivo Geral .....	14
1.5. Objetivos Específicos .....	14
1.6. Justificativa.....	14
1.7. Estrutura do Trabalho.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	23
4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE FALHA .....	26
4.1. Análise de possíveis causas através de delineamento de experimentos .....	30
4.2. Monitoramento e tratamento das transgressões .....	36
4.3. Análise de risco.....	38
5. RESULTADOS .....	42
5.1. Proposta de trabalhos futuros .....	44
APÊNDICE A – Fluxograma do processo de abertura de retrabalho .....	47
APÊNDICE B – Base de dados dos retrabalhos e suas características .....	48
APÊNDICE C – Serviços que não correram falha (suspensões) .....	49
APÊNDICE D – Serviços que não correram falha (suspensões) – continuação .....	50
ANEXO A – Ficha de análise de criticidade (frente).....	51
ANEXO B – Ficha de análise de criticidade (verso) .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

Todo consumidor quando compra um produto ou contrata um serviço tem a expectativa de que o bem adquirido cumpra de modo satisfatório e por um tempo aceitável a função para qual foi desenvolvido. O tempo mínimo é garantido por lei e necessita ser avaliado, cuidadosamente, para não comprometer a viabilidade econômica e a imagem do produto ou serviço perante o cliente.

### 1.1. Tema

No Brasil a garantia de produtos e serviços é estabelecida pelo Artigo 24 da Legislação Brasileira de Proteção e Defesa do Consumidor (2014) que estabelece a garantia legal de 30 dias para produtos e serviços não duráveis e 90 dias produtos e serviços duráveis contando a partir da entrega efetiva do produto ou serviço adquirido.

Produtos ou serviços não duráveis são aqueles que se esgotam ao primeiro uso ou em pouco tempo após a aquisição, ou seja, aqueles são naturalmente destruídos na sua utilização. Os produtos ou serviços duráveis não são necessariamente destruídos pelo consumo. O que pode ocorrer é o desgaste natural com a sua utilização, portanto, caracterizam-se por ter vida útil não passageira. (FUNDAÇÃO PROGRAMA DE PROTEÇÃO E DEFESA DO CONSUMIDOR, 2016)

Empresas de todos os tamanhos e seguimentos têm adotado prazo diferenciado através da garantia contratual para se destacar, ganhar novos mercados, estabelecer a marca e demonstrar a qualidade do produto vendido ou do serviço prestado (PIZZOLATO, CATEN, FOGLIATTO, p. 239, 2005). Quando se opta por prorrogar o prazo mínimo determinado lei, normalmente, vem com condições impostas pela empresa para se precaver de defeitos gerados por mau uso ou causados de forma proposital.

O tempo de garantia deve ser definido através do objetivo estratégico da empresa e do estudo de mercado para que possa ser passado para a área de desenvolvimento do produto onde será definido nível de confiabilidade e de maturidade desejado para atingir o objetivo. Esta definição é complexa e necessita

de profissionais qualificados, pois se mal dimensionada, oferece perigo para reputação e saúde econômica da empresa (VOLLERTT, VILELA, MAIA, p.16, 2001).

### **1.2. Delimitação do tema**

Na modalidade serviços a análise e definição da garantia se tornam mais complexa, pois basicamente, o estudo se baseará em análises de falhas humanas.

Para a obtenção de resultados representativos foram adotadas algumas considerações e restrições. Neste trabalho erros e transgressões serão consideradas como modo de falha e serão excluídos da análise quantitativa os retrabalhos cujo modo de falha seja transgressão. Também serão desconsideradas as atividades que tiveram reincidência de retrabalho, ou seja, quando o trabalho de correção da primeira vez não atingir o objetivo e precisar ser realizado duas ou mais vezes.

Este contrato de manutenção contempla seis unidades fabris do segmento químico distribuídas em seis cidades distintas no estado de São Paulo. Como o prazo estipulado de garantia para o contrato aborda todas as modalidades de forma igual, o estudo terá início pressupondo que as condições de trabalho de todas elas são similares.

### **1.3. Formulação do problema**

Durante uma concorrência para obtenção de um contrato de prestação de serviços de manutenção industrial que possui as especialidades de mecânica, elétrica, instrumentação, encanador, caldeiraria, solda, civil e pintura industrial, a empresa se deparou com uma situação onde o cliente estabeleceu como pré-requisito o tempo de garantia do serviço em 180 dias. Neste período, todo trabalho que precisar ser refeito por erro na execução, será por conta da empresa contratada, ou seja, quando um equipamento ou serviço é submetido novamente às etapas já realizadas de execução. Quando este evento ocorre é denominado, para efeito de classificação no software de gestão, como retrabalho, sendo registrado através de uma nota específica conforme procedimento interno. Poderá ser classificada como retrabalho qualquer atividade realizada em desacordo com as normas técnicas da contratante e/ou qualquer desvio de escopo combinado previamente entre as partes. Qualquer tipo de atividade técnica realizada pela contratada e que seja validada a não utilização de norma/procedimento, gerando assim prejuízo em relação a

desperdício de materiais, será considerada como retrabalho e a contratada deverá arcar com o material desperdiçado e as horas de mão de obra para realização da atividade em questão.

Para tornar mais evidente o que poderá ser considerado retrabalho, foi estabelecido entre as partes duas subdivisões, sendo elas: o retrabalho técnico e o retrabalho de limpeza e organização.

O retrabalho técnico caracteriza-se como não cumprimento de procedimento, escopo ou não aplicação do conhecimento intrínseco da área de especialização do profissional para montagem, desmontagem, reparo, trocar peças ou equipamentos ou qualquer atividade relacionada com conservação industrial.

O retrabalho de limpeza e organização será caracterizado quando for identificado que ao final da prestação de serviço a limpeza não foi devidamente executada. Também pode ser enquadrado como retrabalho de limpeza e organização o não descarte dos materiais utilizados, ou o descarte indevido, não atendendo a classificação do tipo de resíduo ou classificação de coleta seletiva (plástico, metal etc.), seja para material utilizado na execução da atividade ou algum equipamento de proteção individual (EPI) descartável.

Para o desenvolvimento deste trabalho, ambas as subdivisões serão unificadas mantendo apenas o nome de retrabalho. A classificação será realizada conforme teoria apresentada posteriormente.

A falha é analisada através da Ficha de Análise de Criticidade (FAC) que foi baseada no padrão da *Emergency Work Order (EWO)*, uma ferramenta comumente utilizada em empresas que aplicam a metodologia *Word Class Manufacturing (WCM)* que possui como princípio a investigação da causa raiz da falha. Na equipe de análise participam o(s) executor(res), líder imediato, um analista de engenharia, responsável por garantir que não hajam desvios na metodologia, e um responsável do cliente.

Até o início de coleta de dados para este trabalho, o tipo de análise descrita já era realizada a dois anos atingindo um nível de maturidade aceitável. O período base de coleta de dados utilizado ao longo de todo o trabalho ocorreu em um período de 181 dias.

Sabendo-se do desafio de analisar quantitativamente as falhas humanas e ciente das restrições, o modelamento matemático para gerar o prazo de garantia

ideal e a identificação de fatores que devem ser monitorados para controle do processo, passa a ser o principal desafio do estudo.

#### **1.4. Objetivo Geral**

Apresentar um método para definição do tempo de garantia de serviço de manutenção, identificar itens que contribuam para a ocorrência do retrabalho e seus impactos.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

As etapas para o desenvolvimento do trabalho será a definição do método para identificar as falhas assim como o modo de analisa-las, escolher a distribuição que represente a concentração dos retrabalhos, identificar dos fatores que contribuem para sua ocorrência, analisar a relevância e interação dos fatores e elaborar a matriz de risco.

#### **1.6. Justificativa**

A pesquisa é necessária para identificar um método de determinação do tempo de garantia na prestação de serviço de manutenção. Ao estudar o assunto é pretendido ter embasamento e critérios para conhecer o tempo de garantia, os fatores que os afetam e obter uma completa sapiência sobre os riscos de cada período adotado.

Para empresas com manutenção própria, podem ter este estudo como base para definição de cuidados especiais em certos períodos após a intervenção. Equipamentos críticos para o processo como grandes fornos, bombas, motores ou que envolva segurança tais como elevadores e aeronaves.

#### **1.7. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, apêndices, anexos e referencias. Cada parte contém:

- Capítulo 1; Introdução – É realizada uma breve apresentação, são descritos qual o problema que irá ser estudado, o fundamento do tema, a situação que originou o estudo, restrições de aplicações, a origem e os critérios dos dados utilizados, o objetivo geral e específico e a justificativa se sua elaboração.

- Capítulo 2; Referencial teórico – Embasamento teórico das técnicas utilizadas com base em elementos abordados na engenharia de confiabilidade.
- Capítulo 3; Aplicação da metodologia – Apresenta a metodologia e a situação em que foi realizada a coleta de dados.
- Capítulo 4; Coleta e análise dos dados de falha – Cita a forma de coleta de dados e sua análise, é identificada uma distribuição que modela o comportamento dos dados, realizada uma simulação para diferentes prazos de garantia, são estudadas as causas, empiricamente, levantadas e sua relevância, explicado a forma de tratar os tipos de falhas humanas não modeláveis e por último identificado e analisado os riscos envolvidos.
- Capítulo 5; Resultados – Como foram atingidos os objetivos propostos, os resultados obtidos do problema de pesquisa proposto; uma síntese da metodologia utilizada e proposta de trabalhos futuros.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

No desenvolver deste capítulo será apresentado de forma gradativa o embasamento teórico para o estudo, no qual será mantida a mesma sequência das análises realizadas.

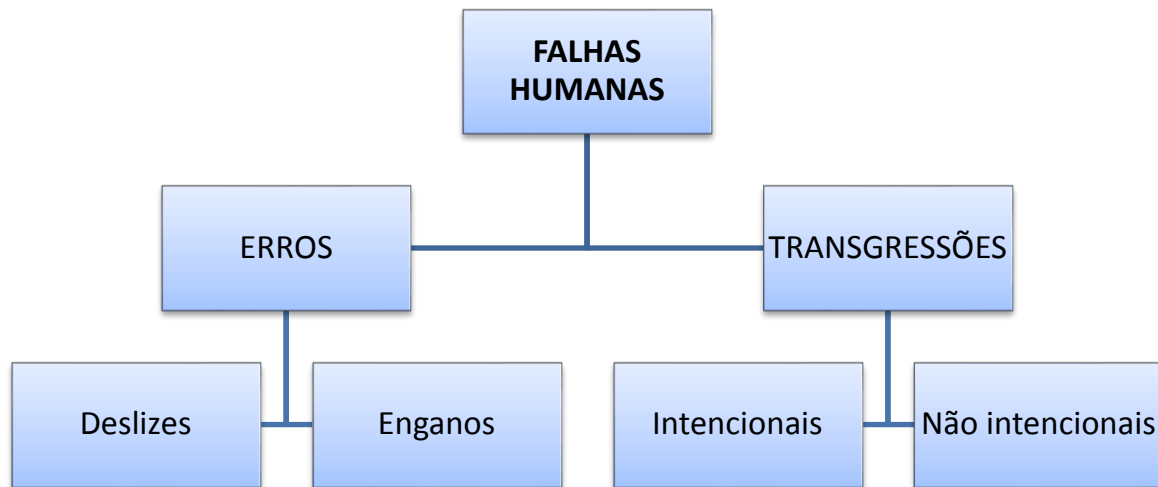
“Errar é humano.” Talvez poucos jargões populares sejam tão conhecidos como este e que, ao tratar de garantia de serviço, também será o ponto central deste estudo.

Tratando-se de falha humana é natural que tal problema seja estudado sob a ótica da confiabilidade humana, que é definida como a probabilidade de que o trabalho ou tarefa realizado por uma pessoa em um sistema não falhe por um determinado período de tempo (FIGUEIROA FILHO, SOUZA; 2011). Ainda conforme Pallerosi, Mazzolini e Mazzolini (2011, p.44) as falhas humanas podem ser classificadas em erros e transgressões.

Erros podem ser subdivididos em deslizes e enganos sendo que o deslize pode ocorrer mesmo a pessoa tendo a capacidade necessária para atividade, pois fatores como estresse, cansaço, inaptidão física e mental interferem na condição de execução do profissional, já o engano pode ser tratado como falta de aptidão em seguir procedimentos, aprendizagem e conhecimento deficiente sobre a área de atuação e diagnósticos imprecisos.

Transgressões podem ser subdivididas em intencionais e não intencionais. As intencionais são feitas conscientemente pelo indivíduo seja para tirar proveito, culpar outra pessoa, prejudicar alguém ou uma organização por retaliação ou simplesmente por falta de responsabilidade e achar que não será descoberto. As transgressões não-intencionais são causadas pela falta de conhecimento de leis e regras, geralmente ocorre por julgar a ação como correta ou aceitável.

As transgressões podem ocorrer de forma não previsível, pois envolve complexos temas sobre o ser humano. Pessoas tem a necessidade de entender, sentir, experimentar novas experiências. O indivíduo normalmente centrado pode ter momentos de volatilidade pelo simples fato de um perninho ter atrapalhado seu sono na noite anterior. Essa divisão das falhas humanas pode ser vista na figura 1.



**Figura 1** - Divisões de falhas humanas

Fonte: Pallerosi, Mazzolini e Mazzolini (2011, p.44)

A ferramenta utilizada para a análise da causa raiz é a FAC vista no anexo A e B. Esta ferramenta é dividida nas seguintes partes:

- Cabeçalho – Local onde é colocado o número de registro da análise.
- Identificação – São informações gerais referentes à ocorrência, iniciando do local onde ocorreu a falha de forma ampla como a identificação da unidade fabril até o componente específico, posteriormente, o registro da data de abertura e conclusão da análise e por fim a classificação do equipamento conforme critério utilizado na unidade. Por exemplo, a classificação ABC.
- Equipe de análise – São os membros que participam da equipe de análise sendo eles definidos como presença obrigatória ou não.
- Descrição da falha – É a descrição imediata da falha observada. Todo trabalho, por menor que seja, é necessário que haja uma ordem de serviço. O número da ordem e sua descrição são as primeiras informações solicitadas assim como a causa imediata identificada pelo mantenedor durante o reparo e a descrição do que foi necessário fazer para voltar à condição aceitável. Os dados desta parte são completados com informações dos tempos envolvidos no reparo.

- Definição do problema e levantamento de hipóteses – Nestes campos são usadas duas metodologias, que se complementam, e auxiliam na obtenção de hipóteses que levaram a ocorrência da falha. A primeira é chamada de 5W1H cujo objetivo é levantar as informações relevantes para se entender o problema como um todo. A leitura das respostas obtidas traz um resumo do acontecimento nivelando o conhecimento da equipe sobre o tema. A segunda parte é o diagrama de Ishikawa divididos em quatro grupos (método, mão de obra, máquina e materiais) cujo objetivo é identificar possíveis causas da falha. Neste momento é realizado um *brainstorm* onde todos são instigados a sugerir causas para o problema no mesmo modo como é vedado qualquer tipo de comentário imediato sobre cada sugestão. No momento que os participantes chegarem ao consenso que todas as possíveis causas foram exploradas, inicia-se a avaliação de todas as sugestões. A(s) mais votada (as) como verdadeira (as) passará para próxima etapa da análise.
- Análise de causa raiz – neste item é aplicado a metodologia dos 5 porquês tendo como base as saídas mais votadas como prováveis do diagrama de Ishikawa. Ao se chegar à resposta julgada pelos participantes como final, tem-se a causa raiz. Ela deverá ser classificada por tipo de causa raiz no quadro abaixo dos 5 porquês.
- Plano de ação – há dois tipos de ações possíveis: a eliminação da causa raiz da situação encontrada e a para eliminação sistêmica.
- Aprovação e avaliação da ficha de análise de criticidade – Os campos em que os responsáveis pela análise da contratada e a contratante assinam concordando com o resultado final encontrado.

Quando o tipo de causa raiz é identificado como “Competência insuficiente do operador ou do mantenedor” ou “Não observação das condições de operação (velocidade, pressão, etc.)” e que a falha tenha sido causada por erro do mantenedor, o trabalho deverá ser refeito por conta da contratada.

Após obtidos os dados, a análise dos mesmos torna-se necessária. Esta análise refere-se ao estudo e modelagem de vida do produto observado, que no caso deste estudo, o produto será considerado serviço. Dados de vida pode ser tempo de vida dos produtos no mercado, tempo operando com ou sem falha e assim por diante. Este tempo de vida pode ser medido em qualquer métrica com o qual a

vida ou a exposição produto / serviço pode ser medido. A análise e previsão subsequente são descritos como a análise de dados de vida. A qualidade das respostas obtidas é diretamente proporcional precisão dos dados coletados e a escolha do modelo apropriado.

Para realizar a análise de dados e tentar fazer previsões sobre a vida do produto / serviço é necessário ajustar a população em uma distribuição estatística (modelo) para dados de vida a partir de uma amostra representativa de unidades. Os parâmetros podem ser atribuídos para o conjunto de dados e podem ser utilizados para estimar as características importantes da vida do produto, tais como a confiabilidade ou a probabilidade de falha em um tempo específico, a vida média, a taxa de insucesso e é claro, o tempo de garantia.

Dados de vida podem ser separados em dois tipos: os dados completos, onde todas as informações estão disponíveis ou dados censurados quando não se conhece alguma informação. Pode-se dizer que dados completos acontecem quando se conhece o momento que o produto iniciou a atividade designada e o período de funcionamento até a falha, ou seja, todos os dados da amostra ou população (RELIASOFT, 2015; HAIR et. al., 2009).

Quando não se conhece alguma informação sobre a vida do produto os dados passam a ser considerados como dados censurados. Os autores Fogliatto e Ribeiro (2011, p.52) apontam e explicam que os dados censurados podem ser separados em três tipos, o primeiro é chamado de dados censurados a direita ou suspensão, trata-se de quando se conhece o início de operação do item analisado, mas que não falhou no período observado, portanto a falha poderia ocorrer em algum tempo após este período.

O segundo tipo de dados censurados é chamado de dados com intervalos censurados que trata-se do não conhecimento do momento exato que ocorreu a falha, ou seja, é conhecido apenas o intervalo que houve a falha. Este tipo é usado quando não é possível monitorar o item constantemente, mas apenas periodicamente. Sempre que possível deve-se evitar dados deste tipo por serem menos informativos e quando for usa-las, não utilizar períodos muito longos, pois poderá não ser possível criar uma distribuição.

O terceiro (e último) tipo de dados censurados é chamado de dados censurados a esquerda. Este tipo é semelhante aos dados com intervalos censurados, trata-se não conhecimento do momento exato que ocorreu a falha, ou

seja, é conhecido apenas o intervalo que houve a falha, porém o início do intervalo é sempre no momento zero.

Os dados também podem ser tratados de forma agrupada quando as unidades possuem o mesmo tempo de fracasso ou quando as unidades foram suspensas ao mesmo tempo.

Para este estudo serão considerados dados censurados a direita e agrupados, pois há informações com diferentes tempos de falha e censura.

O método de análise usado é o MLE (Maximum Likelihood Estimation) por ser mais robusto quando há grande quantidade de suspensões e poucas falhas já que utiliza como base a função verossimilhança (ABBAS, YINCAI, 2012; RELIASOFT, 2015). Justamente por haver suspensões, é adicionado um termo em função de verossimilhança para contemplar os itens suspensos, não alterando o conceito da técnica geral. O termo adicionado que possui as suspensões  $S_1; S_2, \dots, S_M$  podem ser visto na equação 2.1.

$$L(\theta_1, \dots, \theta_k | T_1, \dots, T_k, S_1, \dots, S_k) = \prod_{i=1}^R f(T_i; \theta_1, \dots, \theta_k) \cdot \prod_{j=1}^M [1 - F(S_j; \theta_1, \dots, \theta_k)] \quad (2.1)$$

Onde  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$  são os parâmetros que precisam ser estimados,  $T_1, T_2, \dots, T_k$  são as falhas observadas.

Para identificar se alguns dos fatores, hipoteticamente, levantados pelos líderes são relevantes para a geração de um retrabalho, será utilizado um delineamento de experimento (DOE). Este método consiste em um experimento pré-determinado onde acredita-se que um ou mais fatores afetem o resultado final do experimento. (PYZDEK e KELLER, 2011, p.353) Os fatores, também chamados de variáveis independentes, são manipulados dentro de limites previamente estabelecidos a fim de identificar a contribuição de cada um ou a combinação entre eles no resultado do experimento.

Utilizando a técnica de análise de variância (ANOVA), conta com a grande vantagem de possibilitar a variação de mais de um fator ao mesmo tempo durante o experimento, com isso consegue-se economizar recursos, aumentar a agilidade de obtenção da resposta e identificar variáveis ocultas ou ruídos. (ANTONY, 2003)

Podem ser realizados experimentos com um único fator ou vários fatores, e ainda haver repetições que são experiências realizadas de forma aleatória, porém com a mesma configuração dos parâmetros. Quando forem necessárias muitas

execuções é possível realizar o experimento de forma fracionada respeitando algumas limitações. (CARVALHO, 2015).

Identificando fatores que influenciam na ocorrência de retrabalhos é possível identificar e gerenciar os riscos, que por sua vez parte do conceito de ser uma probabilidade para um acontecimento futuro geralmente associado a um evento no qual não se quer que ocorra. De acordo Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 31000 (2009, pg. V) é o efeito da incerteza sobre os objetivos da organização.

Sempre presente em, praticamente, toda a vida do ser humano o risco deve monitorado e controlado tomando ações preventivas para eliminar, mitigar ou mesmo aceitar.

A análise e gerenciamento do risco ainda são realizados de forma superficial e pontual por empresas. Uma forma estruturada de implantação e gerenciamento é necessária para suportar decisões de todos os níveis.

O Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (2007) descreve as etapas para o gerenciamento dos riscos. Inicia-se com o entendimento profundo do conceito e do contexto que deverá ser aplicado, o estabelecimento de uma política clara, objetivos e comprometimento de todos os envolvidos. A definição de responsáveis com medição de desempenho torna-se essencial para garantir a eficácia.

A integração de processos organizacionais é a próxima etapa que, atualmente como já dito, é um ponto franco em grande parte das organizações fazendo com que seja de forma pontual. Garantir recursos e comunicação interna e externa complementa a estrutura necessária pra o gerenciamento dos riscos.

A implantação se inicia com a identificação e classificação dos riscos, ou seja, identificar situações que possam impactar o objetivo almejado. É necessária a categorização dos riscos para facilitar a análise posterior, podendo ser realizada em forma de matriz, por exemplo.

A origem dos eventos deve ser analisada de forma a identificar se ocorre de forma interna ou externa. Cabe ressaltar que é importante não confundir a origem com a natureza do evento, pois a natureza classifica os riscos como estratégicos, operacionais e financeiros. Classificações de naturezas diferentes podem conter riscos iguais.

Para definir qual o tratamento adequado é necessária a avaliação dos riscos. Esta etapa leva em consideração probabilidades de ocorrência e severidade ou

impacto do evento. Há padrões que são usados em diversos seguimentos que definem os critérios utilizados para mensurar a severidade, no entanto, podem ser elaborados novos critérios caso o risco analisado não seja coberto por nenhuma norma ou boa prática.

Tendo o pleno conhecimento das etapas descritas assim como os riscos identificados, é possível realizar a mensuração dos mesmos. Geralmente (mas não obrigatoriamente), é feita de forma quantitativa. A mensuração avalia, por exemplo, o impacto financeiro do risco no meio a que pertencem, permitindo ajustar valores, reduzir custos, realizar reserva financeira e etc. Com estas ações já se inicia o tratamento dos riscos.

Existe a possibilidade de adotar algumas diretrizes com base nas informações existentes, tais como aceitar o risco e manter a probabilidade de ocorrência e o grau de severidade no nível atual, reduzir uma das vertentes ou ambas para um nível menor. Também é possível transferir, prevenir ou até mesmo explorar o risco conseguindo uma vantagem competitiva no mercado.

O monitoramento dos riscos deve ser realizado por todos, em especial pelas pessoas responsáveis com maior nível hierárquico. O controle através de indicadores e relatórios nessa etapa garante a manutenção do processo criado.

A última, porém não menos importante, é a informação e comunicação relacionado aos riscos. Garantir uma comunicação rápida e eficaz com linguagem comum de fácil entendimento fará com que o processo implantando atinja o objetivo.

O processo de análise dos riscos devem ser dinâmico e continuamente atualizado, pois sempre haverá novos riscos, uma nova visão de prevenção ou mudança do cenário interno e externo.

### 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Este capítulo tem a função de descrever o modo que os dados foram coletados assim como demonstrar a situação atual dos contratos de prestação de serviço de manutenção

Para avaliar os retrabalhos foi necessário estabelecer um procedimento para sistematizar o processo de análise. Basicamente, o processo inicia-se com o gestor de manutenção da contratante informando, imediatamente, a contratada sobre a criação da nota de retrabalho. A partir deste momento a contratante tem 15 dias para agendar as análises de causa raiz dos retrabalhos junto aos envolvidos. A contratada ou a contratante poderão reprogramar a data da análise apenas uma vez, sendo que a partir desta, o retrabalho será desconsiderado em caso de impossibilidade de participação do Gestor de Manutenção ou será definitivamente caracterizado como retrabalho em caso de impossibilidade de participação da contratada.

As análises deverão ser validadas (assinadas) pelo gestor de manutenção responsável ao fim da reunião de investigação de causa raiz e enviadas eletronicamente à governança para arquivamento.

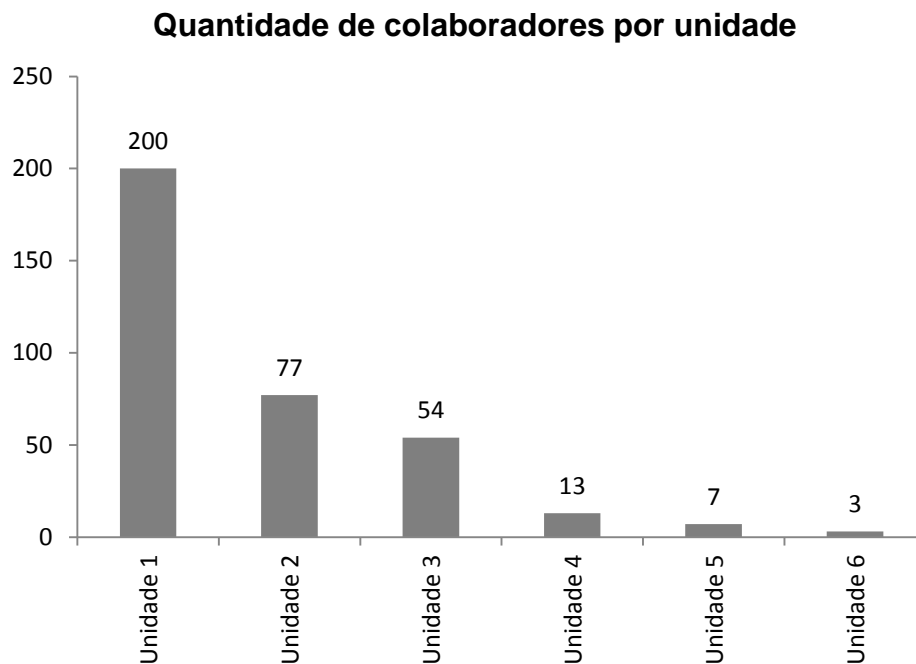
Em caso de constatação de que a causa raiz do problema não foi a qualidade dos serviços prestados pela contratada, o retrabalho será descaracterizado com alteração do código de causa na nota de manutenção.

Em caso de impossibilidade de participação do gestor de manutenção responsável, outro gestor de manutenção da contratante poderá ser nomeado.

É definido como participação obrigatória da análise o gestor de manutenção da contratante, o coordenador ou encarregado contratada e o executante da contratada. Opcionalmente, podem participar o analista de engenharia da contratada e o representante da governança contratante. Estes, embora não tenha a presença obrigatória, é recomendada a participação, pois garantem o cumprimento das metodologias envolvidas. Para exemplificação, foi desenvolvido um fluxograma disponível no apêndice A.

Cada unidade fabril possui quantidades de pessoas distintas e foram classificadas em ordem decrescente conforme mostrado na figura 2.



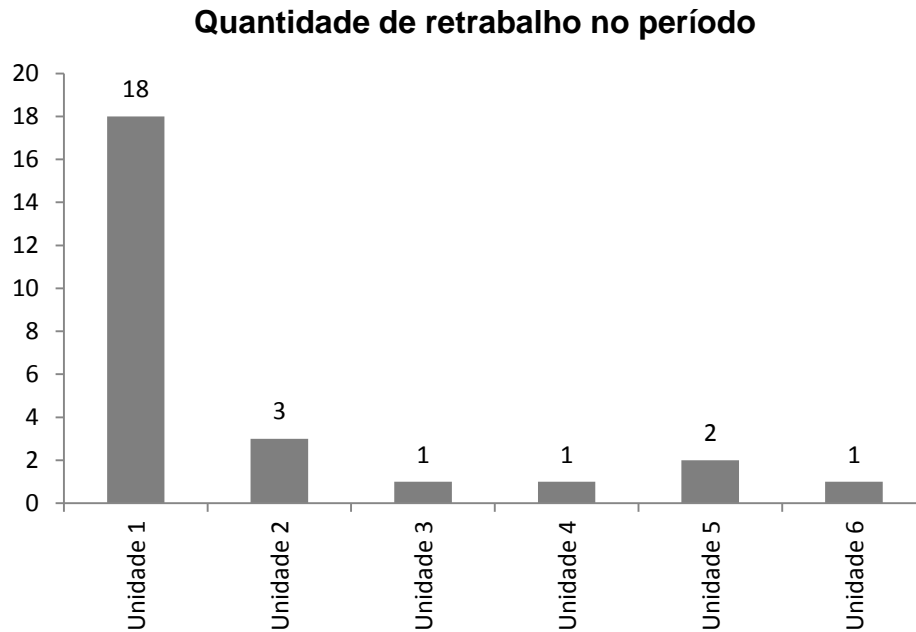


**Figura 2** - Quantidade de colaboradores por unidade fabril

Fonte: Autoria própria.

Cada unidade possui uma demanda específica de trabalho. Os registros das tarefas executadas ficam em ordens de serviços no software de gestão, de onde foram retirados os dados para identificar a quantidade total de trabalhos executados no período e suas descrições. As Fichas de Análise de Criticidade (FAC) geradas de retrabalhos ficam guardadas em documentos físicos e seu registro assim como acompanhamento é realizado de forma separada tanto pela contratada quanto pela contratante.

As quantidades de retrabalho de cada unidade podem ser vistas na figura 3.



**Figura 3** - Quantidade de retrabalho por unidade

Fonte: Autoria própria.

Com base nestes dados, pode-se iniciar o levantamento de hipóteses dos fatores que contribuem para a ocorrência da falha. Para isso foi realizado uma pesquisa com a liderança de cada unidade e compilado fatores que devem ser estudados para checar se possuem ou não relevância. São os itens citados:

- Duração da atividade;
- Escolaridade;
- Especialidade;
- Idade;
- Hora de término da atividade;
- Horas de treinamento;
- Nível de estresse colaborador;
- Nível de estresse supervisão;
- Tempo de empresa;
- Tempo de experiência na função;
- Tempo no setor.

#### 4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE FALHA

Durante o período de estudo, foram coletados os dados referentes aos trabalhos que necessitaram ser refeitos por erros humanos advindos de motivo técnico ou por motivo de limpeza e organização (Apêndice B, C e D).

Com a análise das FAC, todos os retrabalhos foram separados em erros e transgressões sendo que somente os erros serão tratados de forma quantitativa. As transgressões serão analisadas posteriormente.

Na tabela 1 os dados das seis unidades fabris foram compilados. Nota-se que houve mais casos de erros do que transgressões. Analisando suas subdivisões, é possível observar que houve poucos casos de erros por deslizamentos isso demonstra que os profissionais possuem boa condição psicológica e atenção nas atividades, porém o alto número de enganos sugere que possuem baixo conhecimento nas atividades técnicas e / ou procedimentos de execução.

**Tabela 1** - Quantidade de retrabalhos por modalidade

ERROS		TRANSGRESSÕES	
Enganos	Deslizes	Não-intencional	Intencional
13	3	6	5

Fonte: Autoria própria.

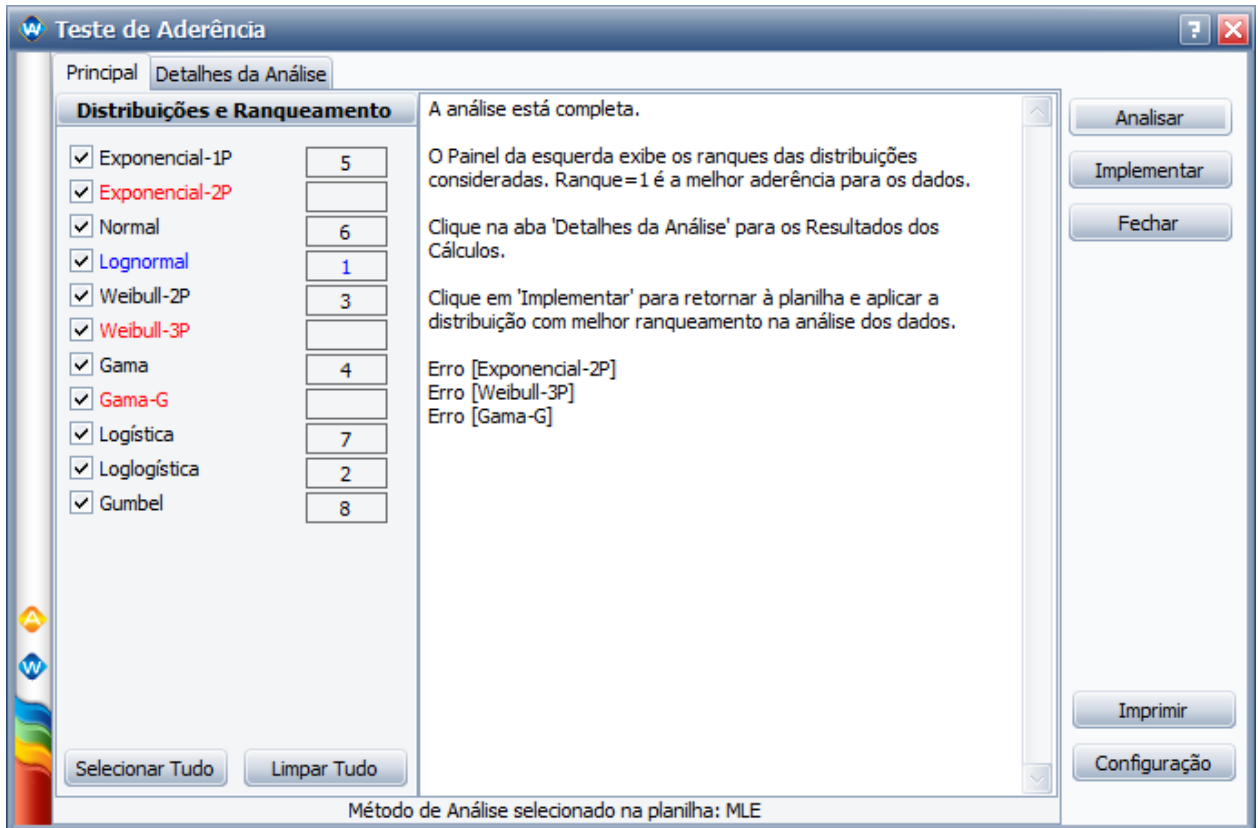
As dezesseis falhas (treze enganos e três deslizamentos) que serão estudadas de forma quantitativa, tiveram os tempos até falhas compilados. Na tabela 2 os dados são mostrados de forma crescente onde é possível observar a existência de casos em que o tempo até a falha é igual à zero, ou seja, que o trabalho realizado foi concluído sem atingir o objetivo designado ou ainda, se o trabalho for de reparo de equipamento, o mantenedor apenas alterou o modo de falha do mesmo.

**Tabela 2** - Tipo de erro por tempo até falha (retrabalho)

Tipos de erros	Dias até a falha
Deslize	0
Engano	0
Deslize	1
Engano	1
Engano	1
Engano	1
Engano	2
Engano	4
Engano	4
Engano	4
Engano	14
Engano	17
Engano	27
Deslize	36
Engano	73
Engano	112

Fonte: Autoria própria.

Os dados de falhas referentes a retrabalhos da tabela 2 e as ordens de serviços que não falharam no período observado (suspensão), contidos no apêndice C e D, foram inseridos de forma agrupada no programa computacional [Weibull ++]. Foi solicitado que o programa computacional gerasse uma análise de aderência de modo a identificar para qual distribuição estatística seria ajustado. Conforme a figura 4, a distribuição mais indicada é a log-normal. Algumas distribuições foram marcadas em vermelho significando que não há possibilidade de usá-las. Este fato ocorre, basicamente, porque existem dados com tempos até falha igual à zero.



**Figura 4 - Ranking do teste de aderência**

Fonte: Autoria própria.

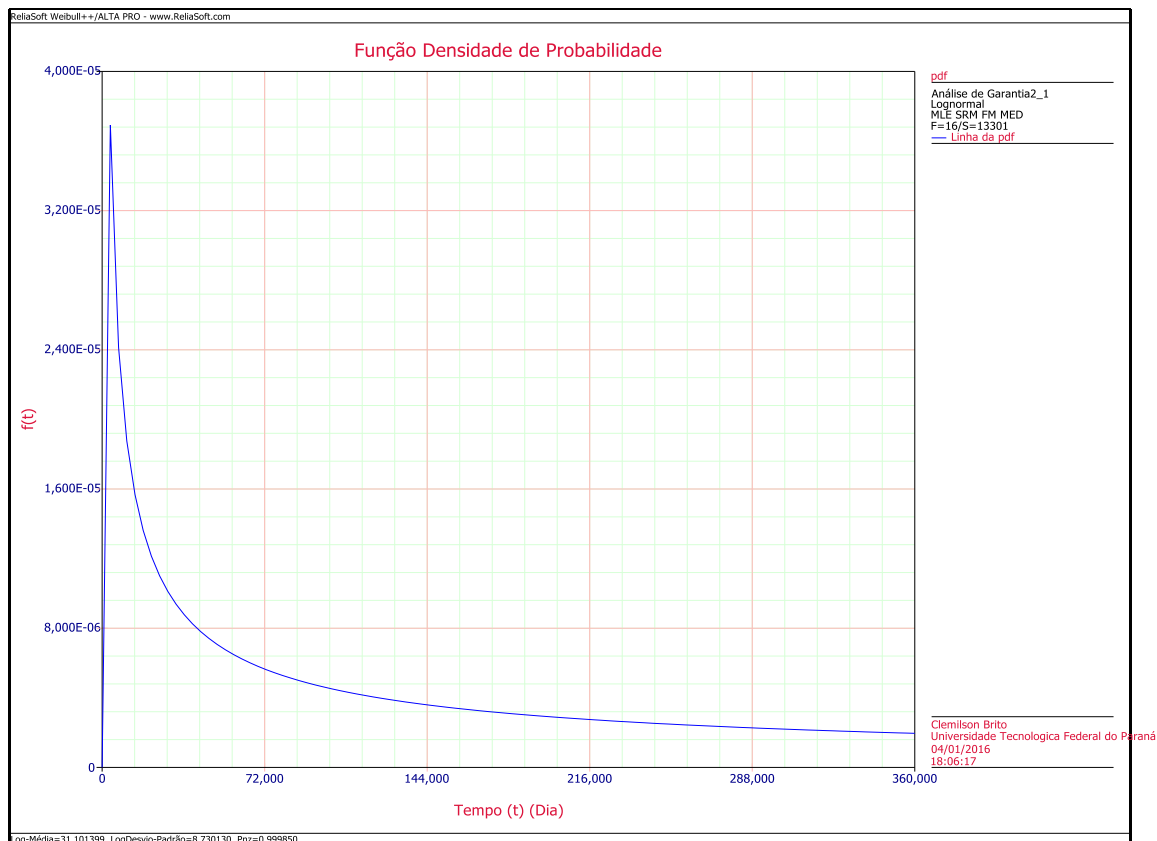
A distribuição log-normal tem a característica de ser assimétrica e biparamétrica, possui vários pequenos fatores que ao longo do tempo criam efeito multiplicador através de uma variável aleatória, modelando com precisão a vida de componentes que falham por estresse e fadiga. É também utilizada para itens complexos e alta tecnologia. Não é prudente comparar ser humano a peças e componentes, porém é possível fazer uma analogia quando se trata de itens complexos. A distribuição é descrita pela equação 4.1.

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{\sigma^2}\right]} \quad (4.1)$$

Onde se tem os parâmetros de localização (média)  $\mu$  e de escala (desvio padrão)  $\sigma$ , que para a distribuição encontrada tem, respectivamente, os valores de 31,10 dias e o desvio padrão de 8,73. A variável  $x$  são os valores de tempo até falha (retrabalho). Estes parâmetros necessitam respeitar as condições de  $f(x) \geq 0, x > 0, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$ . Como foi visto, há casos de tempo até falha ( $x$ ) igual à zero,

no entanto a análise tem foco no período a partir de 90 dias, prazo este determinado por lei.

Com os parâmetros definidos tem-se a equação de modelagem do problema de onde é possível gerar o gráfico da função densidade de probabilidade (pdf) e observar a concentração dos dados coletados, conforme visto na figura 5.



**Figura 5** - Gráfico da pdf dos retrabalhos causados por erros

Fonte: Autoria própria.

Nota-se que as falhas humanas são percebidas, em sua maioria, em um curto período após a execução. Um dos motivos é que o erro humano mais sutil pode ser confundido com outros modos de falha. Dessa forma a experiência e habilidade técnica dos profissionais envolvidos na investigação das falhas podem influenciar o resultado do estudo devendo ser contemplada na análise de risco.

É possível comparar a quantidade de falhas com diferentes prazos de garantia realizando uma simulação. Foi considerada a mesma quantidade de serviços obtidos para estudo e utilizado de forma proporcional para 90, 180 e 360 dias, os resultados são apresentados na tabela 3:

**Tabela 3 - Comparação entre tempos de garantia**

Prazo de garantia (dia)	Limites para nível de confiança de 90%	Confiabilidade	Probabilidade de falha (retrabalho)	Quantidade de ordens de serviços previstas no período	Retrabalhos previstos no período	Retrabalhos previstos em um ano
90	Limite inferior	0,999034	0,000966	6651	6	26
	Valor central	0,998695	0,001305		9	35
	Limite superior	0,998231	0,001769		12	47
180	Limite inferior	0,998803	0,001197	13301	16	32
	Valor central	0,998350	0,001650		22	44
	Limite superior	0,997725	0,002275		30	61
360	Limite inferior	0,998535	0,001465	26602	39	39
	Valor central	0,997913	0,002087		56	56
	Limite superior	0,997035	0,002965		79	79

Fonte: Autoria própria.

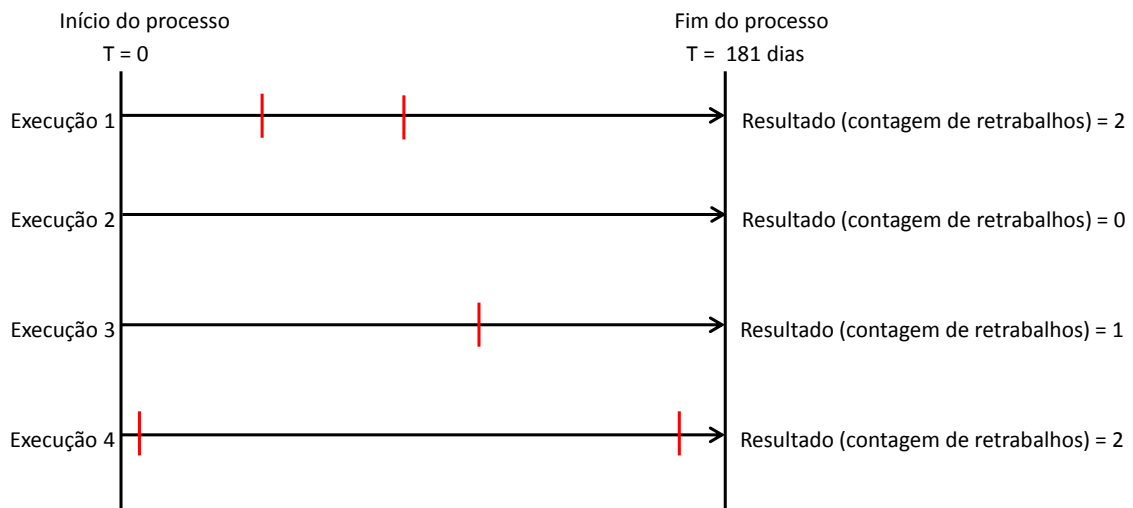
Com aumento do prazo de garantia de 90 para 180 dias assume-se aumentar em 25,7% a quantidade de retrabalho no ano. Caso a empresa adotasse, para diferenciação comercial, um prazo de garantia de 180 para 360 dias assumiria um acréscimo de 27,3% na quantidade de retrabalho no ano. Em ambos os casos foram utilizados os valores centrais como referência.

Valores altos para confiabilidade humana já eram esperados, porém diferentemente da garantia de alguns produtos que, caso ocorra um defeito, é realizado sua substituição, a garantia de serviço pode envolver não somente o encargo de refazê-lo, mas pode haver os custos de peças ou até mesmo de impacto na produção da contratante. Tais custos podem afetar, severamente, a receita da empresa de prestação de serviço.

Como ação para prevenir a ocorrência de retrabalho, uma análise crítica do serviço entre os envolvidos antes da execução, a adoção de períodos de testes antes da entrega do serviço e com a adoção de *checklist* contendo os pontos chaves que devem ser observados mitigarão a quantidade de retrabalhos.

#### **4.1. Análise de possíveis causas através de delineamento de experimentos**

Conhecendo o comportamento atual da ocorrência de retrabalhos, o estudo segue em função das possíveis causas. Durante o andamento do processo foram contabilizadas as falhas (retrabalhos) que ocorreram respeitando fatores definidos de cada execução. Somando as ocorrências, cria-se a variável resposta quantidade de retrabalhos. A figura 6 exemplifica o processo proposto.



**Figura 6** - Planejamento do experimento

Fonte: Autoria própria.

O direcionamento dos fatores foi realizado através de entrevistas com os líderes que atuam em campo. A seguir, os itens citados que não entrarão no delineamento de experimento que, pois a priori, foram classificados como inviáveis de serem analisados nesta etapa.

- **Escolaridade** – Existem unidades fabris que não possuem colaboradores com níveis de escolaridade diferentes. No quadro geral, a parcela de pessoas com nível superior na execução é ínfima assim como pessoas com estudo até o ensino fundamental. Com essas informações nota-se que não haverá variação e base de dados suficientes para análise estatística.
- **Especialidade** – Ocorreram retrabalhos em grande parte das especialidades existentes no contrato, isto tornaria o delineamento muito extenso e incompatível com os demais fatores selecionados para análise.
- **Horas de treinamento** – A quantidade de horas de treinamentos fornecida pela empresa é igual para todos os colaboradores, com isso não afetará o restante da análise.
- **Nível de estresse colaborador e Nível de estresse supervisão** – No período de estudo ocorreram desligamentos (por fatores de mercado) de colaboradores que estão envolvidos em retrabalhos. Com isso não foi possível realizar o teste de nível de estresse.
- **Tempo no setor** – Notou-se que a mudança de pessoas entre setores são raras e assim o tempo no setor e o tempo de empresa ficaram iguais. Caso



considerado na análise, o resultado apontaria que a ligação entre ambos teria alguma influência, comprometendo o resultado final.

Para a realização do projeto de experimentos os fatores foram separados em duas vertentes. A primeira é de fatores cronológicos pontuais e a segunda é de fatores cronológicos adquiridos.

Para os fatores cronológicos pontuais tem-se o **Término da atividade** e a **Duração da atividade** com dois níveis cada, vistos na tabela 4. Ambos os itens dizem a respeito das atividades que deram origem aos retrabalhos.

**Tabela 4** - Fatores e níveis cronológicos pontuais

Fatores	
	Término da atividade
	Duração da atividade
Níveis	Primeira metade do turno
	Até 8,5 horas de trabalho
	Segunda metade do turno
	Acima de 8,5 horas de trabalho

Fonte: Autoria própria.

Para os fatores cronológicos adquiridos tem-se a **Idade**, o **Tempo de experiência na função**, o **Tempo de empresa** e o **Tempo no setor** com dois níveis cada, vistos na tabela 5.

**Tabela 5** - Fatores e níveis cronológicos adquiridos

Fatores				
	Idade	Tempo de experiência na função	Tempo de empresa	Tempo no setor
Nível	Até 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos
	Acima de 40 anos	Acima de 10 ano	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos

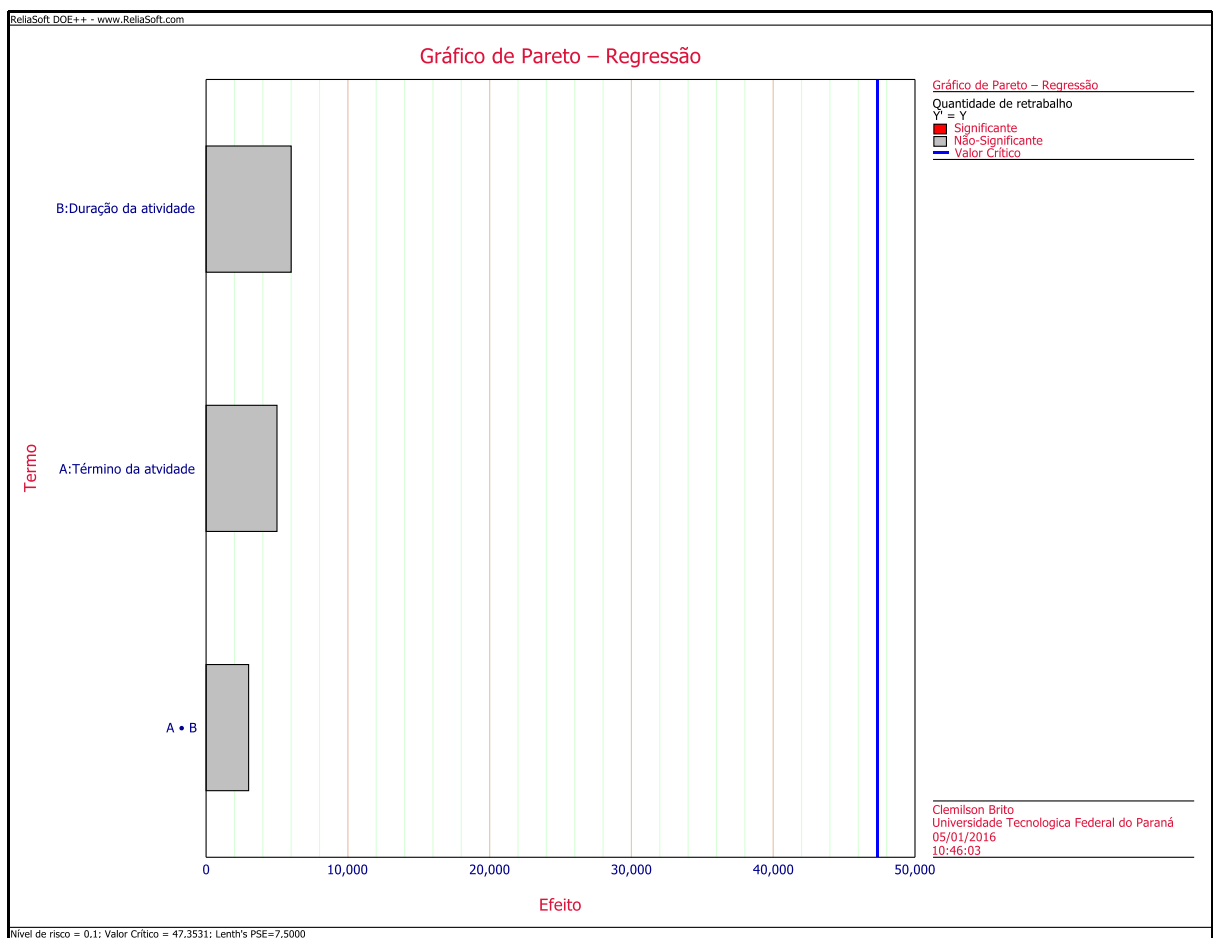
Fonte: Autoria própria.

O método utilizado foi o fatorial geral completo com 4 e 8 execuções. Embora o método seja capaz de gerar resultados com precisão, o intuito desta aplicação é definir se algum dos fatores possui relevância para a ocorrência de retrabalho. Os dados utilizados como base estão no apêndice B.

Com auxílio do programa computacional [DOE++] foi configurado a análise para os fatores cronológicos de forma qualitativa. Foram necessárias 4 execuções para testar todas as possibilidades.

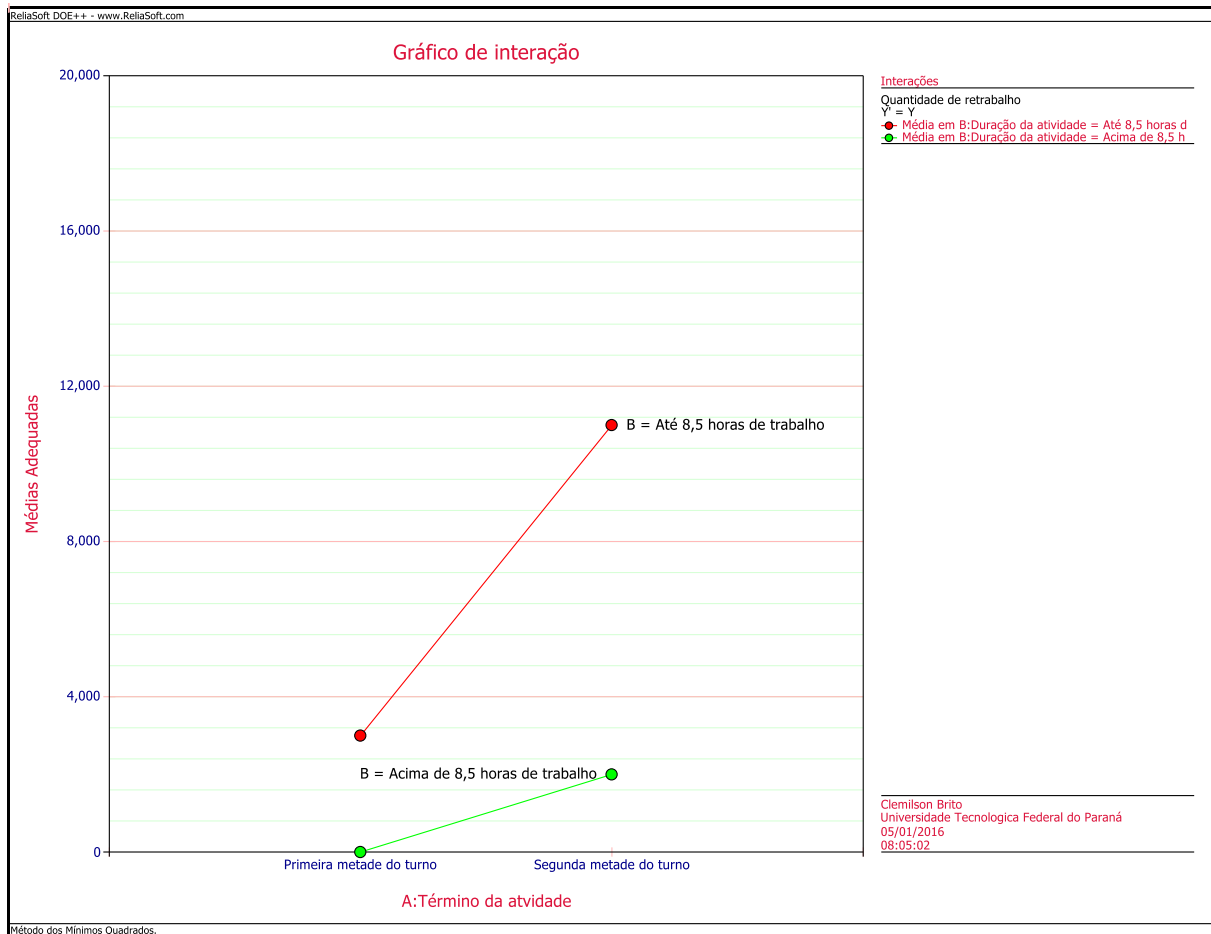
Para determinar a magnitude e a importância de um efeito foi utilizado o gráfico de Pareto. Conforme visto na figura 7, nenhum valor dos efeitos atingiu a linha crítica que, neste caso, equivale a um termo de erros aleatórios. Desta forma os termos que não ultrapassam a linha crítica são considerados como não significantes para a variável resposta.

Na figura 8 nota-se que as linhas que representam os dois fatores estudados não se cruzam em nenhum ponto de sua extensão. Este fato caracteriza-se por não haver interação entre os fatores que compõem a variável resposta.



**Figura 7** - Significância dos fatores cronológicos pontuais

Fonte: Autoria própria.



**Figura 8** - Interação de fatores cronológicos pontuais

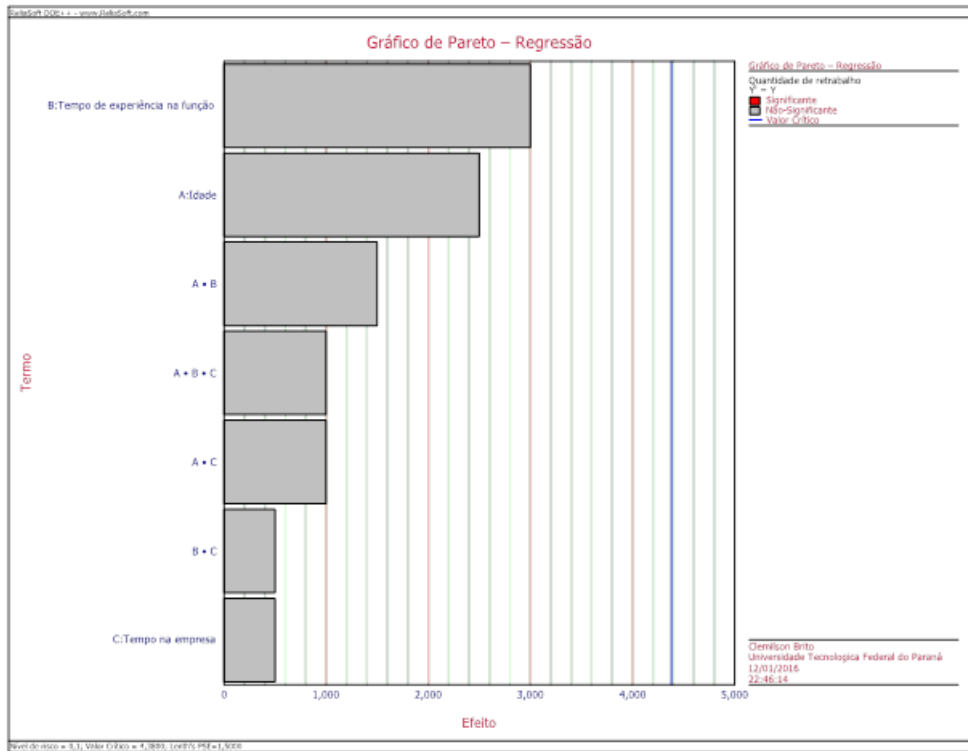
Fonte: Autoria própria.

É possível observar que as percepções dos líderes sobre os fatores estudados (horário de término e duração do trabalho) divergem com o resultado encontrado na análise. Estes fatores, por si só, não contribuem para a obtenção dos retrabalhos.

Repetindo o procedimento, foi configurado o programa computacional para a análise dos fatores cronológicos adquiridos de forma qualitativa. Foram necessárias 8 execuções para testar todas as possibilidades.

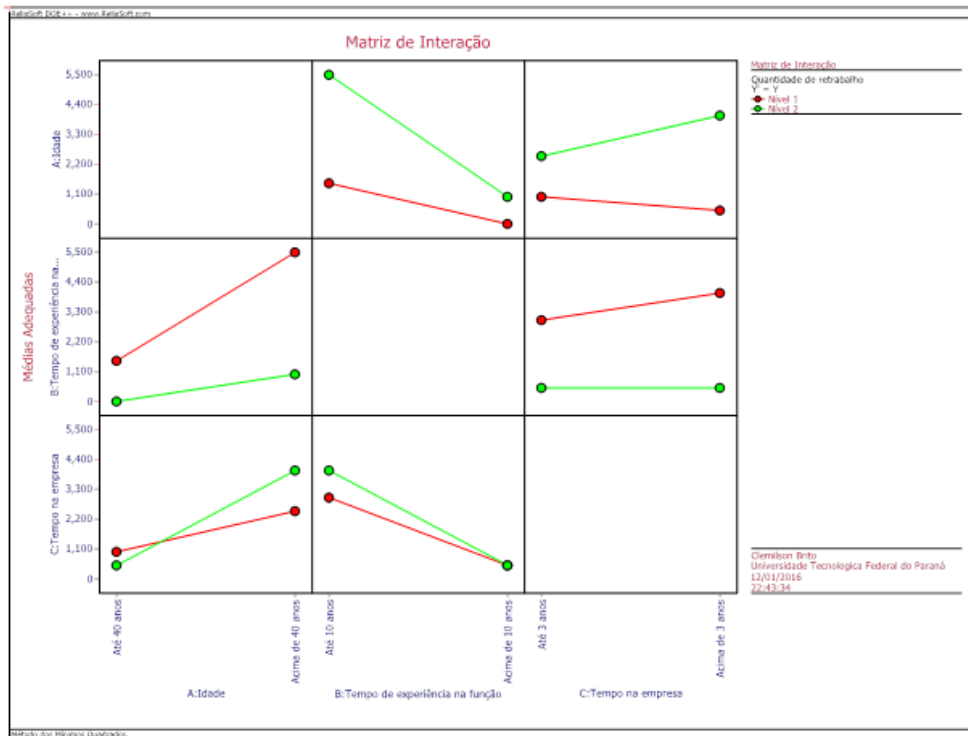
Conforme visto na figura 9, o gráfico de Pareto mostra que não foram identificados fatores que sejam significativos para influenciar a variável resposta conforme motivos citados no experimento anterior.

Na figura 10 é mostrado que há interação entre alguns fatores que compõem a variável resposta, pois há situação onde as linhas representando os valores se cruzam.



**Figura 9 -** Significância dos fatores cronológicos adquiridos

Fonte: Autoria própria.



**Figura 10 -** Matriz de interação de fatores cronológicos adquiridos

Fonte: Autoria própria.

Novamente, é possível observar que as percepções dos líderes dos fatores que influenciam a obtenção de falhas são falsas, porém estão relacionadas entre si.

Para que tivesse sido comprovada a influência dos fatores levantados na ocorrência de retrabalho, teriam que haver barras superando o valor crítico, sendo elas representando fatores individuais ou relação de dois ou mais.

#### 4.2. Monitoramento e tratamento das transgressões

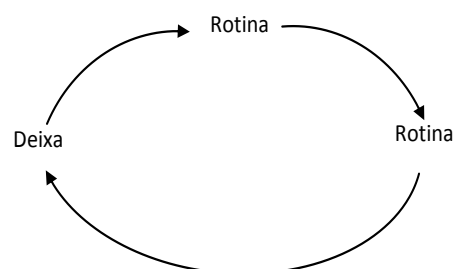
Ao contrário dos erros, as transgressões não devem ser tratadas de forma quantitativas, isso porque ocorrem devido experiência e sentimentos individuais do ser humano.

A transgressão não-intencional tem como característica o fato da pessoa não conseguir distinguir o ideal do não ideal. A cultura em que o indivíduo foi criado ou está inserido, momentos de tristeza ou euforia de origem particular afetam o pensamento e a forma de agir.

Os fatores psicológicos são tão importantes no comportamento que pode fazer com que aja de forma anormal até para si próprio, um exemplo da importância deste fator é o estresse, considerado o mal do século XXI (BITTENCOURT, 2011), é alvo de diversos estudos pelo mundo.

Uma prática bastante utilizada por empresas de prestação de serviços (que atuam dentro da localidade de clientes) é absorver a mão de obra já existente ganhando com isso tempo com contratação, de adaptação ao ambiente e de treinamento. Em contrapartida, absorvem-se hábitos já existentes e que não são os mais corretos ou vantajosos para empresa.

Segundo Duhigg (2012) hábitos funcionam em forma de loop entre uma deixa, uma rotina e uma recompensa conforme visto na figura 11 e podem ser alterados.



**Figura 11** - Funcionamento do hábito

Fonte: Duhigg (2012, p.288)

O método proposto pelo autor para a mudança do hábito consiste em quatro etapas. A primeira é identificar a rotina que seja inconveniente, a segunda é identificar a recompensa em que o colaborador ganha com a rotina atual, a terceira é identificar a deixa (o gatilho) que dá início a rotina e por fim criar um plano para mudar a rotina desejada. Dessa forma é possível colocar uma nova rotina quando aparecer a deixa e fornecer uma recompensa igual ou tão gratificante quanto a identificada primeiramente.

Neste momento a figura do líder se destaca na identificação de pontos que necessitam ser melhorados e deverá ser capaz de fornecer a orientação necessária, realizar o monitoramento, aplicar ferramentas de controle e ter autonomia de agir.

Assim como nas tratativas dos erros uma ação de prevenção de falhas por transgressão não-intencional é a análise crítica do serviço entre os envolvidos antes da execução, a adoção de períodos de teste antes da entrega e *checklist* de entrega do serviço.

A realização de treinamentos dos procedimentos e sua reciclagem periódica também ajudarão a evitar que as atividades sejam realizadas de formas distintas, minimizando a probabilidade de ocorrência da falha. Para maior eficácia, o treinamento deverá ser realizado por um instrutor que tenha experiência na execução dos procedimentos.

O ato de transgredir nem sempre é ruim, muitas invenções e inovações foram geradas fugindo de regras e procedimentos. No entanto, em um ambiente industrial, é sensato sempre seguir as orientações estabelecidas, pois pode envolver consequências imperceptíveis no momento da execução, mas de grande impacto posteriormente. A constante checagem e, caso necessário, atualização das informações deve ser feita de forma rotineira. As alterações e melhorias em procedimentos devem ser estudadas e aprovadas por todas as áreas envolvidas.

As transgressões intencionais ocorrerem quando a pessoa tem consciência do ato e conta com a impunidade. Pode agir em benefício próprio ou simplesmente para prejudicar alguém.

Este tipo de transgressão pode ser associado a atos de improbidade, incontinência de conduta ou mau procedimento e desídia, podendo ser tomadas medidas administrativas como advertências, suspensão ou até mesmo desligamento da empresa por justa causa, pois são itens previstos no artigo 428 da CLT (SAAD, SAAD, BRANCO, 2014).

Os líderes podem ser de fundamental importância para evitar situações extremas. A identificação de sinais que apontem descontentamento, irritação, raiva e excesso de estresse de forma preventiva, pode evitar que ocorram os retrabalhos.

### 4.3. Análise de risco

O desenvolvimento da análise de risco contou com o auxílio da área comercial e do gerente de contrato de forma a garantir que a análise estará alinhada com os objetivos estratégicos da empresa.

Os riscos foram identificados e classificados, primeiramente, como sendo de origem interna da empresa ou externa que dependem de fatores sociais, políticos, do cliente entre outros. Em seguida, foram classificados como riscos estratégicos, operacionais e financeiros, assim podendo ser apresentados de forma clara facilitando a tomada de decisões futuras.

Para avaliar os riscos foram criadas pontuações (baseado na experiência da empresa) para todas as situações possíveis dentro de cada item. Desta forma é possível criar um parâmetro de severidade, que nada mais é que a soma de todos os fatores. Toda a organização e os dados coletados da empresa analisada neste estudo podem ser visto na figura 12.

Análise de risco para determinação do prazo de garantia					
		Prazo de garantia desejado:	180		
Origem	Classificação	Risco	Resposta	Contribuição	
Externo	Demanda	Quantidade ordens de serviço diárias	73	44,07971481	
		Quantidade de pessoas (execução)	182		
	Cliente	Modalidade remuneração	Preço unitário / performance		15
		Tipo de contrato	Longo prazo		5
		Qualificação da contraparte	Qualificado		10
	Equipamentos	Custo de peças	Sim		10
		Nacionalidade dos equipamentos (maioria)	Nacional		5
		Idade dos equipamentos (maioria)	> 15 anos		15
		Manuais em idioma local	Não		10
	Produção	Complexidade dos equipamentos (maioria)	Baixa		1
Multa de parada		Não		1	
Tipo de produção		Intermitente		5	
Interno	Fatores humanos	Horas de treinamentos mensais per capita	2	8	
		Ambiente de trabalho	Normal	5	
Resumo das informações					
Prazo de garantia	Quantidade de falhas esperadas no ano	Custo médio de retrabalho	Severidade		
180	44		70		

**Figura 12** - Identificação e classificação dos riscos

Fonte: Autoria própria.

Os riscos percebidos para a determinação do tempo de garantia foram:

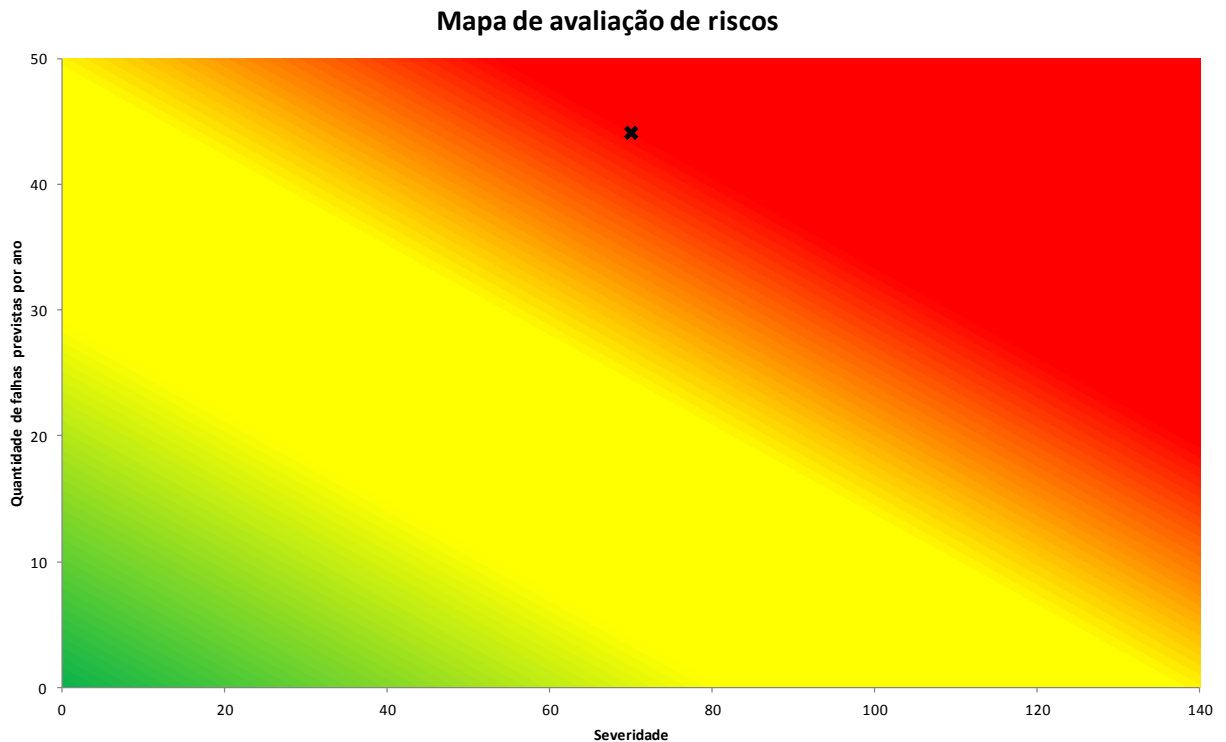
- Quantidade de ordens de serviços diárias – Com base nesse item e na distribuição encontrada, é calculada a quantidade total esperada de retrabalho no período;
- Quantidade de pessoas – Uma alternativa quando não há a quantidade de ordens de serviço. É usada a proporção de trabalhos por pessoa identificada neste estudo.
- Modalidade de remuneração – O tipo em que o contrato de manutenção será cobrado poderá influenciar o risco, por exemplo, contratos de performance possui um risco maior do que um contrato de preço fixo.
- Tipo de contrato – Basicamente, contratos com tempo de término menor acabam tendo maior pressão sobre os mantenedores.
- Qualificação da contraparte – Como mencionado anteriormente neste estudo, clientes experientes e qualificados podem perceber falhas mais sutis.
- Custos de peças – Neste item é informado se, caso ocorra um retrabalho, será necessário arcar com os custos de peças envolvidas.
- Nacionalidade dos equipamentos – Se houver a necessidade de repor alguma peça danificada, o país de origem afeta o custo e o tempo de reposição.
- Idade dos equipamentos – Foi levando em consideração a curva da banheira para desenvolvimento deste item. Equipamentos muito novos ou muitos antigos podem agravar a ocorrência de falhas na manutenção.
- Manuais em idioma local – Manuais em idioma estrangeiro pode ocasionar má interpretação do mantenedor.
- Complexidade dos equipamentos – Determinados seguimentos de indústria possuem equipamentos de complexidade diferentes. Quanto maior a complexidade maior o risco do retrabalho.
- Multa de parada – Neste item é informado se, caso ocorra um retrabalho, será necessário arcar com os custos de produção (lucro cessante) e outras multas.
- Tipo de produção – A característica de produção do cliente pode exigir reparos em menores tempos e caso ocorra retrabalhos podem ter impacto mais significativos.
- Horas de treinamento mensais per capita – Com base na referência das melhores praticas, foi estipulado que o ideal são 100 horas de treinamento por



ano (TINOCO, 2010, p.95). Quanto mais próximo desse valor menor será que influenciará o risco.

- Ambiente de trabalho – O ambiente de trabalho pode ser classificado como tranquilo normal e estressante. Para classifica-los desta forma são levados em consideração a situação financeira / mercado do cliente, os fatores ambientais, a liderança que será disponibilizada e o relacionamento da equipe.

Para facilitar a visualização e entendimento foi criado um mapa de avaliação de riscos. Nele foi inserida uma área em cores, sendo que o vermelho representa maior exposição ao risco e a verde menor exposição. O mapa pode ser visto na figura 13 onde está identificada a exposição do risco do atual contrato de manutenção com 180 dias como prazo de garantia.



**Figura 13** - Mapa de avaliação de riscos do modelo atual de contrato

Fonte: Autoria própria.

A mensuração dos riscos são informações confidenciais da empresa e, portanto serão tratados apenas de forma conceitual.

Pode-se identificar o custo total da garantia de uma falha pela variável  $I_a(T_n)$ . Desta forma, conforme mostrado na equação 4.2, tem-se:

$$I_a(T_n) = \begin{cases} c_0, & 0 \leq T_n \leq g_0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4.2)$$

Onde  $T_n$  é o tempo entre a  $n$ -ésima falha e sua antecessora imediata ( $n-1$ ),  $c_0$  é o custo unitário de um retrabalho e  $g_0$  é a duração da garantia.

Desta forma se pode expressar as despesas totais acumuladas de retrabalhos ( $C$ ) de acordo com a equação 4.3.

$$C = \sum_{n=1}^K I_a(T_n) \quad (4.3)$$

Onde  $K$  é o número total de falhas ocorridas no prazo de garantia.

Ciente dos riscos e valores envolvidos, o parâmetro encontrado pode ser acrescido à taxa hora dos colaboradores do contrato, dependendo da tratativa da situação.

Os tratamentos dos riscos acontecerão de forma personalizada a cada aplicação. Quando o risco atingir a área vermelha do mapa, necessariamente, deverá ter um tratamento como o de aceitar, porém reduzindo-o oferecendo outro modelo de contrato, inserindo mais horas de treinamentos e etc. Outra forma de aceitar o risco existente é compartilhá-lo como, por exemplo, a contratação de um seguro. Este caso é aplicado quando a probabilidade de ocorrer é baixa, porém a severidade é alta. Caso as alternativas não surjam efeito, pode-se optar mesmo de evitar o risco, declinando da concorrência.

A capacitação dos responsáveis do contrato para lidar com os mesmos, se faz necessário em qualquer uma das situações garantindo um gerenciamento eficaz, lhes fornecendo condições para monitoramento constante dos riscos. A adoção de indicadores e metas que influenciem a ocorrência dos riscos também é indispensável.

Todos devem conhecer os impactos e ações tomadas em torno dos riscos, por isso deve ser continuamente informado através de gestão a vista, palestras e treinamentos, todos fornecidos com linguagem simples e de forma direta.

## 5. RESULTADOS

Para atingir os objetivos propostos foi utilizado um método estruturado de obtenção de dados, que envolveu a empresa contratada e a contratante. A carência de referências para o tema proposto, em livros ou artigos acentuou o grau de dificuldade da elaboração deste trabalho. A interpretação, análise e qualidade dos dados necessitaram de um acompanhamento próximo, pois obtenção de dados confiáveis mostra-se dificultoso já que a os registros podem ser insuficientes, sem critérios ou até mesmo inexistentes. Outra dificuldade inerente à obtenção das informações de erros humanos é que pode, se realizado de forma incorreta, ser considerado como exposição, perseguição e outros adjetivos que não são sadios para o ambiente corporativo.

A classificação dos tipos de falhas humanas como modo de falha foi o ponto chave do estudo. Através da adoção desta restrição foi possível utilizar a metodologia de análise de dados de vida e desta forma realizar uma simulação tradicional da engenharia da confiabilidade que, geralmente, é utilizada para componentes e equipamentos. Os dados obtidos com base nesta classificação apontaram a ocorrência de falhas por erros e por transgressões que ao longo do estudo tiveram tratamentos distintos.

Iniciando com a tratativa pelos erros, foi utilizado um programa de computador específico para realizar o teste de aderência com diversos modelos de distribuição estatística. Foi identificado que a distribuição log-normal como sendo a que mais se adequou aos dados e através deste resultado observou-se que a maior probabilidade de falhas ocorre logo após o término do serviço. Desta forma, devem-se direcionar ações de prevenção, identificação e correção no período inicial evitando que chegue a ser caracterizado como retrabalho.

O resultado encontrado da probabilidade de falha (0,001650 em 180 dias) pode parecer, em um primeiro momento, que não é necessário à realização de trabalhos para melhoria das tarefas de manutenção, mas na prática, nota-se que a ocorrência de apenas um retrabalho pode ser catastrófico e comprometer a saúde financeira da empresa que fornece o serviço, principalmente, no caso de haver custos de peças ou multas por paradas de produção.

Após a modelagem matemática do comportamento das falhas, foram testados os fatores hipoteticamente levantados pelos líderes de campo. Embora

algumas tenham sido desconsideradas nesta primeira etapa por impossibilidades de análise devido à característica dos dados e restrições adotadas.

Os fatores, que afetariam a obtenção de retrabalhos, foram separados em dois grupos nos quais foram analisados separadamente. Em ambas as situações demonstrou-se que os fatores não são significativamente relevantes para a obtenção de retrabalhos embora em alguns casos houvesse interação entre eles.

Conforme citado, alguns tipos de falhas não puderam ser tratados quantitativamente, com isso técnicas da área de humanas foram utilizadas para propor um modelo de controle e melhoria dessas ocorrências. Para tais tipos de falhas (transgressões) foram sugeridas ações de mudança de hábitos e reenquadramento do modo de trabalho com, por exemplo, adoção de procedimentos e seus respectivos treinamentos. No caso de transgressão intencional, quando não for possível identificar distúrbios antes do acontecimento, poderá ser aplicadas punições previstas por lei.

Notou-se que a figura do líder é de fundamental importância em todo o processo de prevenção dos retrabalhos e para controle dos custos de garantia devido à influência direta em todos os tópicos desenvolvidos neste estudo.

O embasamento matemático em conjunto com a análise de fatores humanos permitiu conhecer, monitorar e identificar ações de controle dos riscos envolvidos com diferentes tempos de garantia.

Para a definição das ações deve-se levar em conta a análise de risco elaborada, tanto para a melhoria do atual momento, quanto para futuros contratos. As ações devem ser baseadas para tratar a probabilidade de ocorrência ou a severidade. No caso atual foi identificada uma elevada probabilidade de ocorrer uma falha, porém com severidade moderada. O custo / benefício das ações aplicadas para o tratamento dos riscos deverá ser levado em consideração de acordo com a estratégia tomada.

Desta forma, aplicando técnicas estudadas na engenharia da confiabilidade como análise de causa raiz consistente para investigar o retrabalho, a aplicação da análise de dados de vida e o gerenciamento de risco implantado de forma efetiva, conclui-se que a metodologia aplicada, pode ser utilizada para o objetivo proposto de forma eficaz e o monitoramento contínuo garantirá a validação do modelo matemático e com isso as ações de controle e os riscos envolvidos se manterão ajustados à realidade.

### **5.1. Proposta de trabalhos futuros**

Será importante avaliar o índice de estresse dos executantes e líderes assim como a aplicação de treinamentos técnicos e administrativos com o monitoramento da quantidade de retrabalhos por horas de treinamento.

Uma política de melhoria continua deverá ser aplicada para checar a eficácia das ações propostas, de forma a realizar o acompanhamento e a revisão das diretrizes, caso necessário.

Quando negociável, a otimização do tempo de garantia é possível ser realizada através de delineamentos de experimentos.

Realizar estudo para outros seguimentos de indústria e/ou outras modalidades de serviços. Desta forma poderá ser definido se há um padrão ou semelhança para esta modalidade em questão.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, Kamran. YINCAI, Tang. Comparison of Estimation Methods for Frechet Distribution with Known Shape. *Caspian Journal of Applied Sciences Research*, p. 58-64, 2012. Disponível em: <http://www.cjasr.com>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- ANTONY, Jiju. **Design of Experiments** for Engineers and Scientists. Rio de Janeiro: Elsevier. 2011
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: Gestão de riscos – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.
- BITTENCOURT, Fátima. Estresse: o mal do século. **Psique** Ciência & Vida. São Paulo. A. VI. n. 63. mar. 2011.
- BRASIL. **Legislação Brasileira de Proteção e Defesa do Consumidor**. 8. ed. 2014. Disponível em: <<http://bd.camara.leg.br>> Acesso em: 6 set. 2015.
- CARVALHO NETO, Miguel. Notas de aula no do curso de Delineamento de experimento. Curso promovido pela UTFPR. Curitiba, 2015.
- DUHIGG, Charles. **O poder do hábito**. 1.ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.
- FIGUEIROA FILHO, Celso L.S; SOUZA, Marinilda L. Confiabilidade Humana: A Importância da Gestão Visual nos Procedimentos de Manutenção In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXI, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_sto\\_136\\_866\\_19155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_136_866_19155.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- FOGLIATTO, Flávio S; RIBEIRO, José L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2011
- FUNDAÇÃO PROGRAMA DE PROTEÇÃO E DEFESA DO CONSUMIDOR. **Orientações aos Fornecedores**. Disponível em: <[http://www.procon.sp.gov.br/dpe\\_respostas.asp?id=3&resposta=9](http://www.procon.sp.gov.br/dpe_respostas.asp?id=3&resposta=9)> Acesso em: 12 mai. 2016.

HAIR JUNIOR; Joseph F. et. al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Guia de Orientação para Gerenciamento de Riscos Corporativos**. São Paulo, 2007.

PALLEROSI, Carlos A; MAZZOLINI, Beatriz P. M; MAZZOLINI, Luiz R. **Confiabilidade Humana: Conceitos, Análises, Avaliação e Desafios**. 1. ed. São Paulo: All Print, 2011.

PYZDEK, Thomas; KELLER Paul, **Seis Sigma: Guia do Profissional**. 3. ed. Rio de Janeiro: Alta Books. 2011

RELIASOFT. **Life Data Analysis Reference**. Disponível em: <[http://reliawiki.org/index.php/Life\\_Data\\_Analysis\\_Reference\\_Book](http://reliawiki.org/index.php/Life_Data_Analysis_Reference_Book)> Acesso em: 22 ago. 2015.

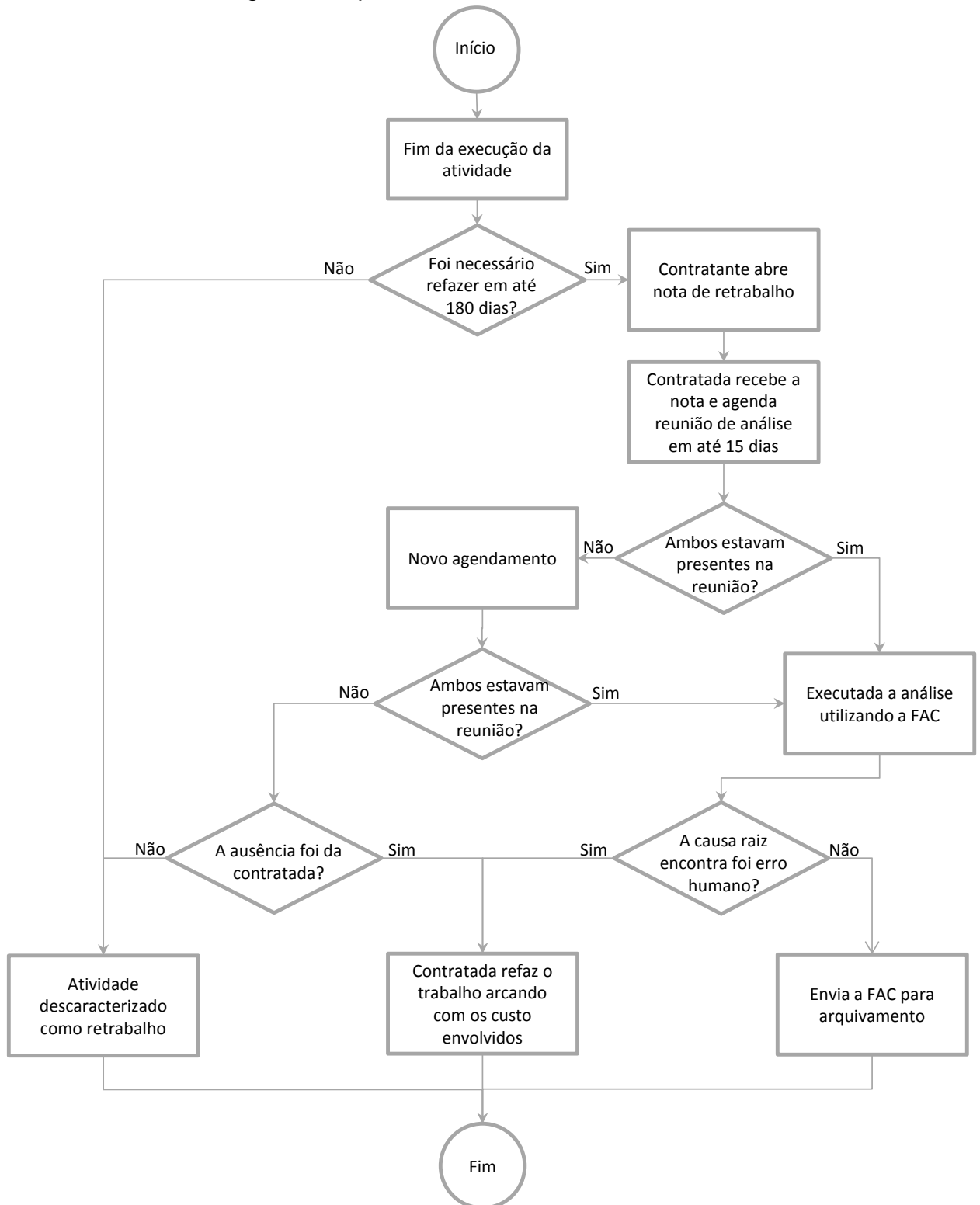
PIZZOLATO Morgana; CATEN, Carla S; FOGLIATTO Flávio S. Definição do prazo de garantia de um produto otimizado experimentalmente. **Gestão & Produção** v.12, n.2, p.239-253, mai.-ago. 2005.

SAAD, Eduardo G; SAAD, José E. D; BRANCO, Ana M. S. C. **CLT Comentada**. 47. ed. São Paulo: LTr. 2014.

TINOCO, Roberto. Como **Aumentar a Eficácia Operacional nas Organizações: uma abordagem prática**. 1. ed. São Paulo: Baraúna. 2010.

VOLLERTT JUNIOR, João R; VILELA, Ednaldo S; MAIA, Luiz F. J. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTO, XII, 2001, São Leopoldo. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABC, 2001. Disponível em: <[http://www.abcustos.org.br/texto/viewpublic?ID\\_TEXTO=2029](http://www.abcustos.org.br/texto/viewpublic?ID_TEXTO=2029)>. Acesso em: 12 jan. 2016.

## APÊNDICE A – Fluxograma do processo de abertura de retrabalho





## APÊNDICE B – Base de dados dos retrabalhos e suas características

Site	Tipo de falha	Tempo até falha	Término da atividade	Duração da atividade	Especialidade	Idade	Tempo de experiência na função	Tempo de empresa	Tempo no setor	Escolaridade
Unidade 1	Deslize	0	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Soldador	Até 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	4	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Pintor	Acima de 40 anos	Acima de 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	4	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Instrumentação	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	4	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Instrumentação	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	14	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Mecânico	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	17	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Pedreiro	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	27	Primeira metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Elétrica	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Deslize	36	Primeira metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Pedreiro	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	73	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Pedreiro	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Engano	112	Primeira metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Pedreiro	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 2	Engano	1	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Encanador	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 2	Engano	1	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Encanador	Até 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 3	Engano	0	Segunda metade do turno	Acima de 8,5 horas de trabalho	Mecânica	Acima de 40 anos	Acima de 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 4	Deslize	1	Segunda metade do turno	Acima de 8,5 horas de trabalho	Mecânica	Acima de 40 anos	Acima de 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 5	Engano	1	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Instrumentação	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Até 3 anos	Até 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 5	Engano	2	Segunda metade do turno	Até 8,5 horas de trabalho	Mecânica	Acima de 40 anos	Até 10 anos	Acima de 3 anos	Acima de 3 anos	Ensino Médio completo
Unidade 1	Transgressão intencional	-	-	-	Pedreiros	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão intencional	-	-	-	Mecânico	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão intencional	-	-	-	Pedreiro	-	-	-	-	-
Unidade 6	Transgressão intencional	-	-	-	Instrumentista	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão não-intencional	-	-	-	Mecânico	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão não-intencional	-	-	-	Encador e Soldador	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão não-intencional	-	-	-	Instrumentista	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão não-intencional	-	-	-	Mecânico	-	-	-	-	-
Unidade 1	Transgressão não-intencional	-	-	-	Jateador	-	-	-	-	-
Unidade 2	Transgressão não-intencional	-	-	-	Instrumentista	-	-	-	-	-

APÊNDICE C – Serviços que não correram falha (suspensões)

Quantidade de serviços no período	Quantidade de dias observados sem ocorrer falha (suspensões)	Quantidade de serviços no período	Quantidade de dias observados sem ocorrer falha (suspensões)
195	1	161	47
90	2	93	48
30	3	87	49
21	4	72	50
109	5	89	51
74	6	46	52
84	7	31	53
93	8	105	54
109	9	71	55
20	10	46	56
29	11	79	57
118	12	85	58
74	13	51	59
111	14	13	60
124	15	31	61
205	16	211	62
17	17	70	63
14	18	88	64
142	19	96	65
100	20	17	66
73	21	34	67
80	22	108	68
99	23	92	69
28	24	64	70
54	25	46	71
134	26	74	72
43	27	24	73
108	28	23	74
92	29	116	75
148	30	70	76
141	31	149	77
41	32	107	78
175	33	93	79
74	34	41	80
102	35	39	81
94	36	115	82
86	37	91	83
18	38	93	84
17	39	73	85
122	40	50	86
73	41	22	87
85	42	24	88
75	43	55	89
88	44	94	90
27	45	94	91
31	46		

## APÊNDICE D – Serviços que não correram falha (suspensões) – continuação

Quantidade de serviços no período	Quantidade de dias observados sem ocorrer falha (suspensões)	Quantidade de serviços no período	Quantidade de dias observados sem ocorrer falha (suspensões)
142	92	27	137
115	93	96	138
38	94	50	139
32	95	87	140
109	96	85	141
95	97	67	142
112	98	21	143
108	99	25	144
95	100	85	145
21	101	62	146
18	102	66	147
105	103	103	148
71	104	87	149
78	105	34	150
94	106	27	151
97	107	137	152
37	108	43	153
25	109	48	154
148	110	102	155
73	111	78	156
70	112	23	157
122	113	20	158
103	114	98	159
27	115	71	160
25	116	82	161
107	117	82	162
137	118	88	163
58	119	32	164
91	120	26	165
71	121	85	166
25	122	103	167
42	123	76	168
196	124	65	169
82	125	65	170
74	126	19	171
83	127	33	172
55	128	72	173
15	129	52	174
21	130	53	175
77	131	46	176
86	132	61	177
54	133	11	178
22	134	59	179
90	135	29	180
39	136	35	181

ANEXO A – Ficha de análise de criticidade (frente)

FAC - Ficha de Análise de Criticidade						Nº FAC				
IDENTIFICAÇÃO						FAC				
Centro de Negócio		Área	Linha		Data abertura:					
					Data fechamento:					
Equipamento		Conjunto	Componente		Classificação / Tipo					
EQUIPE DE ANÁLISE										
Responsável FAC		Grupo de trabalho	Nome			Registro	Área			
Registro	Área									
DESCRIÇÃO DA FALHA (retirado da Ordem de Serviço)										
Número(s) da(s) Ordem(ns) de Serviço:										
Descrição da ocorrência				Descrição da causa imediata						
				Descrição da ação de reparo						
Data de Início	Data de Fim	TEMPOS (min)	Espera	Permissão	Diagnose	Material / Ferramenta	Execução	Teste	Liberação	
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES										
Análise 5 W + 1 H	O que	Qual produto estava sendo produzido quando ocorreu a falha?			Onde	Onde ocorreu a falha? Conjunto? Subconjunto? Componente? Qual?				
	Quando	Início de operação? No início ou fim do turno? Após alguma mudança no processo produtivo? Outra circunstância? Descreva.			Quem	A falha foi presenciada ou evidenciada por alguém? Quem? Operador? Mantenedor? Outro?				
	Como	Quais as consequências do problema no funcionamento do equipamento em relação à condição ideal?			Por que	Houve sintomas de alerta da falha? Ela acontece devido a alguma situação específica?				
Há atividade de manutenção para evitar a falha?				S	N	Quando foi a última vez que ela foi feita?				
Qual foi a última data planejada para fazê-la?						Quando ela será executada novamente?				
Diagrama de Ishikawa	Método	Mão de obra					Lista de prováveis causas			
								S	N	
								S	N	
								S	N	
								S	N	
								S	N	
								S	N	
Máquina	Materiais									
				CAUSAS   EFEITO						

ANEXO B – Ficha de análise de criticidade (verso)

ANÁLISE DE CAUSA RAIZ					
5 Por quês		Causa provável principal	Causa provável secundária ou ramificação da principal		
	1º Por quê				
	2º Por quê				
	3º Por quê				
	4º Por quê				
	5º Por quê				
TIPO DE CAUSA RAIZ					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Robustez não suficiente do equipamento</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Solicitação excessiva do equipamento</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Deterioração natural do equipamento</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Influência externa (temperatura, vibração, etc.) Peças faltantes ou inadequadas.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Sinalização fornecedor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Falha aleatória</div> </div> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Competência insuficiente do operador ou do mantenedor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Análise de erro humano</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Matriz de competência</div> </div> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Fragilidade do projeto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Sinalização fornecedor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Revisão do padrão de projeto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Projeto de melhoria</div> </div> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Manutenção insuficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Plano de Manutenção</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Falta plano</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Não executado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Não Programado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Frequência inadequada</div> </div> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Não observação das condições de operação (velocidade, pressão, etc.)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Análise de erro humano</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Matriz de competência</div> </div> <div style="width: 15%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Falta de manutenção das condições de base. Falta de condições originais do equipamento.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Manutenção básica</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Falta plano de manut. básica</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Não executado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Restabelecimento das condições originais</div> </div> </div>					
PLANO DE AÇÃO					
Ações para eliminação da causa raiz			Quem	Planejado	Realizado
1					
2					
3					
4					
5					
Ações para padronização			Quem	Planejado	Realizado
1					
2					
3					
4					
5					
APROVAÇÃO E AVALIAÇÃO DA FICHA DE ANÁLISE DE CRITICIDADE					
FORNECEDOR			CLIENTE		
Nome:			Nome:		
Registro:	Data:		Registro:	Data:	
Observações			Observações		