CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICO DE VITÓRIA

LORENZA LOPES DIAS

ESTUDO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHAS: IMPORTÂNCIA E IMPLANTAÇÃO NO SETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TUBOS FLEXÍVEIS

LORENZA LOPES DIAS

ESTUDO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHAS: IMPORTÂNCIA E IMPLANTAÇÃO NO SETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TUBOS FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Católico de Vitória, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Flávio Lucio Santos de Carvalho

LORENZA LOPES DIAS

ESTUDO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHAS: IMPORTÂNCIA E IMPLANTAÇÃO NO SETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TUBOS FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão d	le Curso	apresentado	ao Centro	Universitário	Católico	de	Vitória,	como
requisito obrigatório para o	btenção d	do título de Ba	charel em E	Engenharia de	Produção	ο.		
Aprovado em d	e		de	por.				
7.provado om a	·		uo	, por.				
					-			
Prof. MS	Sc. Fláv	io Lucio Sa	ntos de Ca	arvalho - Or	ientadoi	r		
			o Cont'An		-			
	Pror	. MSc. Jorg	e Sant An	na, ucv				
					-			

Prof. MSc. Wesley Lucas Breda, UCV

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa vencida. Agora mudam-se as metas e as expectativas para novas conquistas. Posso dizer que durante essa etapa da minha vida me descobri, vivi e aprendi muito sobre mim mesmo. Primeiro queria agradecer a Deus por tornar esse sonho real, e por me sustentar e fortificar durante esses 5 anos. Tantas são as pessoas que participaram e me ajudaram em todo esse caminho que ficaria difícil falar delas especificamente. Porém gostaria de agradecer ao meu pai que foi meu maior motivo para continuar lutando e me superando, para no futuro proporcionar tudo que ele merece, a minha mãe que é meu espelho, uma mulher guerreira e determinada. Aos meus colegas de turma, em especial meu amigo, parceiro e confidente, que pude contar todas as horas, que sempre foi meu fechamento certo, Welton Machado. E ao Ricardo Steimback, que é um grande profissional que eu admiro muito, que foi meu gestor durante o período no estágio, eu diria meu padrinho, me ensinou, me estimulou, me desenvolveu, me acrescentou grandemente, obrigada por me tornar a profissional que sou hoje. E meu muito obrigado a todos que acreditaram em mim, principalmente minha vó querida lolene, e minha família.



RESUMO

O mercado atual está cada vez mais acirrado e competitivo. Tendo em vista as intensas transformações constantes, e os avanços tecnológicos, as organizações têm se preocupado em como acompanhar, permanecer e enfrentar esses grandes desafios que aparecem. Como estratégia, as organizações têm utilizado ferramentas de qualidade, que auxiliam na maximização de produtividade, minimização de custo, redução de falhas que surgem ao decorrer dos processos e aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. A empresa selecionada para o estudo, é especializada na fabricação de tubos flexíveis (usados na extração de petróleo), e para melhor atender seus clientes, criou um setor específico para Pesquisa e Desenvolvimento de novos tubos, para esse desenvolvimento, são realizados alguns testes de qualificação. Por serem testes com especificações distintas, ocorrem-se muitas falhas recorrentes ao decorrer do processo de teste. Portanto, o estudo de caso apresentará a implantação da ferramenta de Análise de Falhas, e sua importância, em conjunto, às Ferramentas de Qualidade, que auxiliaram na identificação das falhas, e, padronização para cadastro, controle e tratativas das mesmas. Como resultado, observou-se que a implantação da ferramenta foi de suma importância para o processo de teste, trouxe mais eficiência, e com isso pôde-se identificar através das estratificações, quais as classificações de falhas que mais impactam o processo de teste.

Palavras-chave: Análise de Falhas. Ferramentas de Qualidade. Confiabilidade. Disponibilidade.

ABSTRACT

The current market is increasingly fierce and competitive. In view of the intense constant transformations and technological advances, organizations have been concerned with how to follow, stay and face these great challenges that appear. As a strategy, organizations have used quality tools that help maximize productivity, minimize costs, reduce failures that occur during processes and increase reliability and availability of equipment. The company selected for the study, specializes in the manufacture of flexible tubes (used in oil extraction), and to better serve its customers, has created a specific sector for Research and Development of new tubes, for this development, some tests of qualification. Because they are tests with distinct specifications, many recurring failures occur during the course of the test process. Therefore, the case study will present the implementation of the Failure Analysis tool, and its importance, together, to the Quality Tools, which aided in the identification of failures, and standardization for registration, control and treatment of the same. As a result, it was observed that the implantation of the tool was of paramount importance to the test process, it brought more efficiency, and through this it was possible to identify through the stratification, the classifications of failures that most impact the test process.

Keywords: Failure Analysis. Quality Tools. Reliability. Availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Exemplo de Fluxograma	37
Figura 02 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa	38
Figura 03 – Amostra de tubo flexível	46
Figura 04 – Conector	46
Figura 05 – Teste de tração-tração	47
Figura 06 – Teste de desgaste	47
Figura 07 – Teste de colapso reto	48
Figura 08 – Teste de colapso curvo	48
Figura 09 – Teste de tração curva	49
Figura 10 – Teste de tração reta	49
Figura 11 – Teste de dobramento	50
Figura 12 – Teste de explosão	50
Figura 13 – Resultado do teste de explosão	51
Figura 14 – Teste de fadiga	51
Figura 15 – Fio da armadura	52
Figura 16 – Teste de tração-flexão	52
Figura 17 – Fluxograma do processo de teste	55
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa: Falhas durante o processo	56
Figura 19 – 1° parte <i>Checklist</i> : Definição da falha	57
Figura 20 – 2° parte <i>Checklist</i> : Descrição da falha	59
Figura 21 – 3° parte <i>Checklist</i> : Razões para ocorrência da falha	60
Figura 22 – 4° parte <i>Checklist</i> : Plano de ação	60
Figura 23 – 5° parte <i>Checklist</i> : Validação das ações corretivas	61
Figura 24 – Fluxograma do cadastro das falhas	66
Figura 25 – Relatório de pendência das falhas	70
Figura 26 – Relatório de pendência das ações	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Exemplo de Diagrama de Pareto	.39
Gráfico 02 – Exemplo de Histograma	.40
Gráfico 03 – Exemplo de Gráfico de Dispersão	.41
Gráfico 04 – Exemplo de Gráfico de Controle	.42
Gráfico 05 – Pareto dos requisitos para análise	.72
Gráfico 06 – Status dos requisitos para análise	.73
Gráfico 07 – Pareto do tipo de perda	.73
Gráfico 08 – Status dos tipos de perda	.74
Gráfico 09 – Pareto do tipo de falha	.74
Gráfico 10 – Status dos tipos de falha	.75
Gráfico 11 – Pareto das falhas por bancada/equipamento	.75
Gráfico 12 – Status das falhas por bancada/equipamento	.76

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Exemplo do Método dos 5 Porquês	.42
Quadro 02 – Requisitos para análise	.58
Quadro 03 – Aspectos da causa raiz	.61

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 -	Indicador de evolução d	do tratamento de falha	68
Equação 02 -	Indicador de evolução d	do plano de ação	69

LISTA DE SIGLAS

ANF - Análise de Falhas

BTC - Bancada de tração curva

BTF - Bancada de tração flexão

BTR - Bancada de tração reta

BTT – Bancada de tração-tração

CH08 - Câmara Hiperbárica número 08

E/A - Em andamento

HSE - Saúde, segurança e meio ambiente

IEPA – Índice de evolução do plano de ação

IETF – Índice de evolução do tratamento de falhas

LIC - Limite Inferior de Controle

LSC - Limite Superior de Controle

NC - Não conformidade

PEN - Pendente

SS – Solicitação de Serviço

TQM - Total Quality Management

VERF - Verificação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 MANUTENÇÃO	27
2.1.1 Manutenção Corretiva	
2.1.2 Manutenção Preventiva	
2.1.3 Manutenção Preditiva	
2.2 BRAINSTORMING	30
2.3 MELHORIA CONTÍNUA	30
2.4 CONCEITO DE QUALIDADE	30
2.4.1 Gestão da Qualidade Total	32
2.5 DEFINIÇÃO DE FALHA	32
2.5.1 Análise de Falhas	33
2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO	34
2.7 ESTRATIFICAÇÃO	35
2.8 FERRAMENTAS DE QUALIDADE	35
2.8.1 Fluxograma	36
2.8.2 Diagrama de Ishikawa	37
2.8.3 Checklist	38
2.8.4 Diagrama de Pareto	39
2.8.5 Histograma	40
2.8.6 Diagrama de dispersão	40
2.8.7 Gráfico de controle	41
2.9 MÉTODO DOS 5 PORQUÊS	42
3 METODOLOGIA	43
3.1 NATUREZA	43
3.2 ABORDAGEM	43
3.3 OBJETIVOS	44
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	44
3.4.1 Tubo Flexível	45
3 4 2 Detalhamento dos processos de teste	47

3.5 FLUXO DO PROCESSO	53
3.5.1 Diagrama de Ishikawa	55
3.6 CHECKLIST	56
3.6.1 Definição da falha	56
3.6.2 Descrição da falha	57
3.6.3 Razões para ocorrência da falha	58
3.6.4 Plano de ação	59
3.6.5 Validação das ações corretivas	60
3.7 BUSCA DA CAUSA FUNDAMENTAL	60
3.8 COMUNICAÇÃO COM A GERÊNCIA	61
3.81 Procedimento	62
3.8.2 Treinamento da equipe	62
3.9 RESPONSABILIDADES	63
3.9.1 Coordenação de Engenharia	63
3.9.2 Coordenação de Planejamento e Infraestrutura	63
3.9.3 Coordenações de Operação e Laboratório	64
3.10 PADRONIZAÇÃO	64
3.10.1 Prazo de abertura	67
3.10.2 Prazo de encerramento	67
3.10.3 Indicador de desempenho	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 PLANILHA PARA CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS	69
4.1.1 Monitoramento das Falhas	69
4.1.2 Monitoramento das ações	71
4.2 ESTRATIFICAÇÃO	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A – CHECK LIST	85

Tendo em vista a competitividade acirrada, e as intensas transformações no mercado, as organizações têm como necessidade a preocupação por um índice de eficiência e disponibilidade cada vez mais elevados e a busca constante por inovação nos seus produtos e serviços, de maneira sustentável, e estratégica a fim de promover sua permanência no mercado.

A empresa estudada é especializada na fabricação de tubos flexíveis (usados na interligação dos poços de petróleo com as plataformas, transportando óleo e gás para a superfície) e oferece serviços e soluções tecnológicas para campos de desenvolvimento em águas profundas. Para melhor atender seus clientes, foi criado um setor para pesquisa e desenvolvimento, onde são realizados testes de qualificação e desenvolvimento de novos produtos (tubos flexíveis), onde o objetivo principal é a obtenção de maior qualidade e resistência dos mesmos, visando um melhor atendimento em relação às necessidades do seu principal cliente.

As estratégias utilizadas pela empresa são a focalização e diferenciação. A empresa estudada investe alto no desenvolvimento de novos tubos e aperfeiçoamento dos já existentes. Partindo dessas duas estratégias, ambas aliadas à qualidade, a empresa consegue conquistar a confiabilidade, competitividade, fidelização de clientes e destaque dentro do mercado.

A evolução tecnológica é proporcional ao aumento do nível de exigência dos seus clientes e isso ocorre em qualquer tipo de produção. Para entender melhor essas exigências, é necessário conhecer, e ter uma melhor avaliação do desempenho do processo de fabricação e desenvolvimento numa empresa de tubos flexíveis. Entretanto eram observadas várias falhas durante todos os processos de testes.

Através da identificação dessas falhas reincidentes, foi verificada a ausência de ferramentas que auxiliassem na gestão dos testes, pautados nos pilares da qualidade total sempre buscando erro zero nos processos. Dessa forma sentiu-se a necessidade da implantação de uma ferramenta para registro, análise, controle, prevenção e resolução das falhas ocorridas durante os processos de teste.

A ferramenta, nomeada Análise de Falhas auxilia, por exemplo, na gestão de risco operacional, manutenção preventiva e na redução de custo. Trata-se de um método utilizado para analisar e prevenir não conformidades em projetos, processos e em produtos. Partindo do pressuposto que, com a implantação e aplicabilidade da ferramenta de Análise de Falhas, juntamente com o auxílio de outras ferramentas de qualidade existentes (5 Porquês, Diagrama de Pareto, Diagrama de *Ishikawa* e *Checklist*), será possível identificar as falhas que ocorrem no processo, as áreas que são afetadas pelas falhas, investigar o porquê as falhas ocorreram, adotar planos de ação e fazer um acompanhamento efetivo para evitar a reincidência das mesmas.

Além da ferramenta de Análise de Falhas trazer mais confiabilidade no processo de teste e disponibilidade das máquinas, a mesma não gera custo para implantação, sendo viável para empresa.

O objetivo deste trabalho é analisar a implantação desta ferramenta de análise, em um setor de Pesquisa e Desenvolvimento, visando a redução e prevenção de falhas durante o processo de testes. Para isso, serão descritos os testes realizados no setor de Pesquisa e Desenvolvimento, será realizado o mapeamento das falhas durante o processo de testes, a implantação da ferramenta de Análise de

Falhas, proposto um plano de ação para tratativa das falhas, e a apresentação dos resultados obtidos.

Essa pesquisa é justificada pela necessidade de abordar a implantação da ferramenta de Análise de Falhas para redução de não conformidades no setor com um elevado grau de complexidade de execução, por ser um setor de inovação tecnológica, e com alto custo operacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para realização deste trabalho, serão descritos os principais conceitos que irão fundamentar a utilização da ferramenta de Análise de Falhas, que é o tema deste trabalho.

Inicialmente será explicado sobre a manutenção, como seu conceito e seus tipos, que é importante ressaltar, pois a ferramenta de análise de falha é um tipo de manutenção corretiva, onde se busca tomar atitudes de contramedida para corrigir a falha encontrada.

Serão descritos também alguns aspectos e conceitos que englobam a Análise de Falhas, como o conceito de qualidade, melhoria contínua e definição de falha. E também algumas ferramentas para auxílio da utilização da ferramenta, como *Brainstorming* (que auxilia diretamente na coleta e estudo das falhas), Indicadores de Desempenho (que irão mensurar a efetividade da ferramenta), Estratificação dos dados coletados, as Ferramentas de Qualidade, e o método dos 5 Porquês (que irá auxiliar na descoberta das causas raízes para criação de planos de ação mais efetivos).

2.1 MANUTENÇÃO

A manutenção tem um papel muito importante dentro das empresas, desempenhando ações técnicas, administrativas e de supervisão, destinadas a manter o funcionamento do equipamento, e garantir a confiabilidade, a disponibilidade e assegurar que o mesmo continue desempenhando sua função requerida (NETTO, 2008).

As atividades da manutenção também estão relacionadas a tratar as falhas que surgem no decorrer do processo. São essas atividades: detecção, reparo, investigação das causas e ações para deter sua reincidência, reduzindo assim seu custo e aumentando a sua produtividade (XENOS, 1998).

Através da identificação das causas fundamentais das anomalias e falhas dos equipamentos ou processo de manutenção, o seu bloqueio pode ser efetivado, de modo a eliminar sua reincidência ou minimizar os seus efeitos. É importante garantir que as falhas de manutenção sejam tratadas até a eliminação da causa fundamental da falha que causou a interrupção do processo produtivo (COELHO, 2016).

Os objetivos da manutenção descritos por Coelho (2016), são:

- ✓ Redução de custo;
- ✓ Maior qualidade nos processos;
- ✓ Maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e máquinas;
- ✓ Maior vida útil dos equipamentos e máquinas.

2.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é feita após a ocorrência da falha do equipamento. É uma atividade que consiste em corrigir, restaurar ou recuperar a função impactada. Esse tipo de manutenção pode ocorrer em duas situações distintas, sendo planejada ou não planejada (DUARTE, 2011):

- ✓ A manutenção corretiva não planejada ocorre quando há quebra inesperada, e tem-se que fazer correção imediata da falha, e não tem planejamento nem preparação do serviço, aumentando assim os custos e tendo baixa confiabilidade no processo (KARDEC; NASCIF, 1999);
- ✓ A manutenção corretiva planejada ocorre quando há um plano de manutenção preditivo, e está descrito nesse plano que o equipamento deve trabalhar até sua falha, tendendo assim a minimização do custo, tornando o processo mais seguro e rápido (KARDEC; NASCIF, 1999).

Apesar de ser um tipo de manutenção simples de gerenciar, é de custo elevado, pois se têm que manter um estoque de peças de reposição, pois se trata de uma quebra inesperada, e tem a ociosidade da equipe e da máquina ou equipamento (DUARTE, 2011).

2.1.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é feita periodicamente, visando eliminar ou reduzir as falhas ocorridas pela manutenção, sendo sua principal atividade evitar que ocorra a falha ou quebra (MIRSHAWKA, 1991).

Em contrapartida têm-se a diminuição de ocorrência de falhas e interrupções no processo produtivo, e o aumento da disponibilidade do equipamento (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Esse tipo de manutenção tem uma objeção, que são as trocas desnecessárias, o que causa o desperdício de peças e trabalhos ou reparos antecipados, tendo como consequência falhas inesperadas (MIRSHAWKA, 1991).

2.1.3 Manutenção Preditiva

É a manutenção feita através de acompanhamentos periódicos, de parâmetros de desempenho dos equipamentos, sendo esses parâmetros que irão delimitar o período de realização de uma manutenção corretiva planejada (DUARTE, 2011).

Esse tipo de manutenção visa realizar a manutenção somente quando os equipamentos precisam ser concertados (MIRSHAWKA, 1991).

O responsável pelo monitoramento desse desempenho e através das informações passadas pelo operador, será então detectado a necessidade de intervenção do equipamento (KARDEC; NASCIF, 1999).

2.2 BRAINSTORMING

Brainstorming ou Tempestade de Ideias é uma técnica de dinâmica em grupo, que acontece durante a fase de um planejamento estratégico (OLIVEIRA, 2008), onde se tem um assunto pré-definido, com o objetivo de serem gerados o maior número possível de ideias e soluções, fazendo assim o registro de todas essas idéias e por fim, a escolha das melhores idéias (MEIRA, 2003).

Esses grupos podem ou não ser interdisciplinares, onde não é permitido críticas nem julgamentos sobre as ideias geradas, pois uma idéia que a princípio pode ser absurda, poderá futuramente ser melhorada e explorada até se chegar na solução ao qual se procura (LUCINDA, 2010). Segundo Meireles (2001), para realização do *Brainstorming*, deve-se seguir 6 etapas:

- Construção de equipes: Nessa primeira etapa, deve-se construir equipes multidisciplinares, em busca da resolução do problema em questão, sendo distribuídos as funções para cada membro;
- Definição do foco: Nessa segunda etapa, é importante definir e esclarecer qual o objetivo ou problema em questão;
- Geração de idéias: Nessa terceira etapa, os membros da equipe ficam livres para expor as idéias, e um membro definido como secretário, fica responsável para anotas todas as idéias ditas;
- 4) Críticas: Nessa quarta etapa, as idéias ditas anteriormente são filtradas, em virtude se as mesmas estão atendendo o objetivo ou problema definido;
- 5) Agrupamento: Nessa quinta etapa, as idéias com o mesmo raciocínio são agrupadas, para serem gerados títulos e subtítulos para as mesmas;
- 6) Conclusão: Nessa sexta etapa, são selecionadas as idéias que de fato vão conseguir de forma efetiva atender, e resolver o objetivo ou problema em questão.

2.3 MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua está diretamente ligada à estratégia da empresa, que tem um foco grande em inovação tecnológica, para acompanhar os desafios energéticos e as mudanças e transformações constantes de mercado, sendo essencial essa melhoria continuamente, tornando assim uma prática constante, e gerando conhecimento (MESQUITA; ALLIPRANDINI, 2003).

O principal objetivo da melhoria contínua é os benefícios que ela traz, mesmo sendo pequenos, em vários pontos estratégicos e de curto prazo, os mesmos podem trazer muitas economias para empresa (AGOSTINETTO, 2006).

Para se obter um processo de melhoria contínua que surja efeito, tem que se descobrir os pontos de desperdício, durante todo o processo, principalmente nos hábitos e entendimento dos colaboradores, tendo sempre metas bem definidas (GONZALEZ, 2006).

2.4 CONCEITO DE QUALIDADE

A qualidade é atestar quando o produto ou serviço está em conformidade com as especificações e exigências, e atende ou supera as expectativas do cliente, de maneira confiável, visível e acessível, sendo um coeficiente primordial em uma organização (CAMPOS, 2004). É uma propriedade ao qual qualifica o produto ou serviço, e indica que o mesmo tem a ausência de falhas (DEMING, 1993).

Há várias definições para qualidade, partindo do pressuposto que depende da percepção de cada indivíduo, a qualidade pode ser adequada de acordo com as exigências do mercado. Tendo em vista que a qualidade está diretamente ligada a um processo bem realizado, o seu resultado será de qualidade (TOLEDO, 1987).

A definição de qualidade se resume por ser uma característica importante do produto ou serviço, que tenha que satisfazer a necessidade do cliente, em questões de preço, acessibilidade, prazo de entrega, local e quantidade certa (CAMPOS, 1999).

Segundo Toledo (1987), a qualidade pode ser caracterizada por sete dimensões, partindo do pressuposto de produto:

- 1) Características / Especificações: É a dimensão que particulariza o produto dos outros, que o distingue da concorrência, isso ocorre quando o produto tem uma tecnologia melhor, ou funções mais relevantes que as básicas;
- 2) Desempenho: O desempenho é a funcionalidade do produto, sendo seu comportamento em uso, está diretamente ligado à sua eficácia;
- 3) Conformidade: Esta dimensão se refere ao produto estar em compatibilidade com todas as especificações, desde físico e estrutural, a operacional, podendo assim atender aos requisitos dos clientes;
- 4) Confiabilidade: É a probabilidade de ocorrência de falhas no produto, em um determinado tempo, tendo assim sua funcionalidade interrompida;
- 5) Durabilidade: Esta dimensão está diretamente relacionada ao tempo de vida útil do produto, se refere a capacidade de conservação que o produto tem em um determinado tempo, a cerca de sua funcionalidade;
- 6) Imagem: A imagem do produto influencia muito na decisão de compra do consumidor, pois é o primeiro contato que se tem do produto, que é sua reputação. Esta é uma dimensão muito importante pois deve passar confiança, pois é o *marketing* da empresa;
- 7) Atendimento ao cliente: O atendimento ao cliente se inicia desde a propaganda, a venda e o serviço pós-venda (assistência técnica), é de responsabilidade de a empresa disponibilizar um bom atendimento pós-venda, para assim poder mensurar o grau de satisfação ou insatisfação do cliente.

Pode-se verificar a importância dessas sete dimensões para se obter a qualidade de um produto, não necessariamente que possa ser avaliado por todas, entretanto o uso de todas, se torna um diferencial, potencializando a estratégia da empresa (CAMPOS, 1999).

2.4.1 Gestão da Qualidade Total

A gestão da qualidade total (TQM – *Total Quality Management*), tem como presença a direção da organização, onde juntos buscam estratégias, de forma a viabilizar a qualidade de seu produto ou serviço, com o auxílio de ferramentas e técnicas, para assim obter uma melhoria contínua nos processos (SASHKIN; KISER, 1994).

A gestão da qualidade não significa apenas o controle da produção, a qualidade intrínseca de bens e serviços, a aplicação isolada de ferramentas e métodos de gestão, ou assistência técnica apropriada. Numa visão mais ampla, os conceitos associados a gestão da qualidade, ou simplesmente, à gestão pela qualidade total, passaram a significar um modelo de gerenciamento que busca a eficiência e a eficácia organizacionais (MARSHALL JUNIOR et al., 2012, p. 1 e 2).

Esse tipo de gestão está interligado com o planejamento estratégico da empresa, pois participa de todas as etapas, buscando sempre estar dentro dos padrões pré-estabelecidos (JURAN, 1992).

A gestão da qualidade total significa que a cultura da organização é definida pela busca constante da satisfação do cliente através de um sistema integrado de ferramentas, técnicas e treinamento. Isso envolve a melhoria contínua dos processos organizacionais, resultando em produtos e serviços de qualidade (SASHKIN; KISER, 1994, p.34).

Seu principal objetivo é a obtenção total da qualidade, e também a redução de custos e desperdícios gerados durante todo o processo de produção (CARPINETTI, 2012).

As grandes empresas se empenham na implementação de programas de qualidade total, cujos resultados não só garantem a plena satisfação dos clientes, como também reduzem os custos de operação, minimizando as perdas, diminuindo consideravelmente os custos com serviços externos e otimizando a utilização dos recursos existentes (CERQUEIRA NETO, 1991, p. 43).

2.5 DEFINIÇÃO DE FALHA

De acordo com Helman e Andery (1995, p. 34), "entende-se por 'modo de falha' os eventos que levam associados a eles uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho", ou seja, é a forma como o produto pode fracassar no desempenho de sua função.

A falha ocorre quando um item reduz ou deixa de exercer sua função afim, durante um período de tempo, levando o item a um estado de indisponibilidade. As falhas podem ser classificadas como: falha por erro humano e falha por quebra de componente ou subsistema (PEREIRA, 2009).

- ✓ A falha por erro humano caracteriza-se por erro de programação e operação, esse erro muitas vezes é devido à falta de qualificação profissional. Geralmente são poucas as ações eficazes para evitar sua recorrência, tornando assim uma falha de difícil tratativa;
- ✓ A falha por quebra de componente ou subsistema são falhas ocorridas em equipamentos, por falta de resistência, uso inadequado ou manutenção inadequada, sendo assim que identificadas são tratadas.

2.5.1 Análise de Falhas

Tendo em vista que as falhas são inevitáveis, as mesmas podem ser identificadas e logo tratadas através de ações de reversam. Mas é importante saber a fundo que tomar essas ações sem saber afundo a causa da falha é ineficiente, pois é necessário bloquear as causas raízes para assim impedir que as falhas reincidam (XENOS, 1998).

Apesar deste bloqueio ser necessário para a remoção da causa raiz do problema, quando não se tem uma ferramenta de tratamento, as mesmas voltam a reincidir, por isso é de suma importância que a empresa tenha uma ferramenta de tratamentos de falhas, para que assim, se torne uma prática da equipe responsável, sempre que ocorrer uma falha, identifica-la e trata-las (PEREIRA, 2009).

Xenos (1998), sugere etapas para que esse método seja implantado e dado o devido tratamento a essas ocorrências, sendo elas:

- Identificação e relato da falha;
- Identificação das causas raízes;
- Ações corretivas para reversam da falha;
- Acompanhamento das ações;
- 5) Análise sistemática para identificação dos equipamentos críticos, e falhas crônicas.

Para realização das etapas descritas, é necessária a utilização de algumas ferramentas de qualidade, para auxiliar numa análise mais profunda da falha. Segundo Pereira (2009), as quatro principais ferramentas para essa análise, são:

- ✓ Diagrama de Pareto;
- ✓ Diagrama de Ishikawa;
- ✓ Método dos 5 Porquês;
- ✓ Checklist.

A análise de falhas tem como objetivo solucionar os problemas que estão afetando diretamente no desempenho, e aumentar a confiabilidade e disponibilidade do equipamento (XENOS, 1998).

2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

O indicador de desempenho é uma ferramenta de gestão, que através do monitoramento contínuo permite medir o desempenho e a performance de uma organização, ou de um dado processo ou serviço, através de uma meta traçada (DEPONTI, 2002).

Os tipos de indicadores descritos pelo mesmo autor são:

✓ Indicadores de desempenho estratégico: são indicadores que fazem o acompanhamento da estratégia da organização, se a mesma está condizente

- com os objetivos que foram traçados, fornecendo comparativos do desenvolvimento referente aos cenários anteriores;
- ✓ Indicadores de desempenho de qualidade: são indicadores que fazem o acompanhamento e entendimento dos desvios, falhas e não conformidades encontradas nas saídas dos processos ou serviços;
- ✓ Indicadores de desempenho de capacidade: são indicadores que fazem o acompanhamento de todo processo, medindo o quantitativo de saídas pelo tempo gasto de processamento.
- ✓ Indicadores de desempenho de produtividade: são indicadores que mensuram a eficiência do processo ou serviço, através da medição dos recursos consumidos pela saída dos processos.

2.7 ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação é uma ferramenta qualitativa que consiste no agrupamento de elementos iguais, permitindo decompor grupos em subgrupos, tendo causas comuns com o objetivo de encontrar padrões para auxiliar na análise e compreensão de um dado processo (CARPINETTI, 2012).

A ferramenta de estratificação tem como função a busca por oportunidades de melhoria, através de representação gráfica, sendo mais eloquente que uma tabulação (WERKEMA, 1995). Essa ferramenta é muito utilizada nas empresas para esmiuçar um dado desvio, podendo assim chegar a causa raiz de um problema, auxiliando diretamente na focalização de uma ação (CARPINETTI, 2012).

2.8 FERRAMENTAS DE QUALIDADE

As ferramentas de qualidade são instrumentos com a finalidade de analisar e mensurar estatisticamente problemas eventuais, utilizando mecanismos estruturados, para viabilizar a implantação da análise de falhas e outras ferramentas, que auxiliam nas tratativas das falhas, melhorando assim o processo produtivo (PALADINI, 2009).

A utilização dessas ferramentas se dá pela obtenção de agilidade e solução rápida dentro do processo produtivo, pois está em diretamente ligada a todas as informações que formam a estratégia da empresa (PALADINI, 2009).

Essas ferramentas visam sanar os problemas, através da identificação e tratamento da causa raiz (CARVALHO; PALADINI, 2012). O problema é caracterizado como um resultado indesejável do processo (CAMPOS, 1999).

Abaixo, segue as sete ferramentas de qualidade (PALADINI, 2009):

- ✓ Fluxograma;
- ✓ Diagrama de Ishikawa;
- ✓ Checklist:
- ✓ Diagrama de Pareto;
- ✓ Histograma;
- ✓ Diagrama de Dispersão;
- ✓ Gráfico de Controle.

2.8.1 Fluxograma

Para melhor entender o fluxo, seja de processo, pessoas ou equipamento, se faz necessário a utilização de um fluxograma (D'ASCENSÃO, 2001).

O Fluxograma é uma ferramenta que demonstra sequencialmente as etapas de um processo, auxiliando na identificação do caminho real e ideal para um produto ou serviço a ser seguido, e podendo assim distinguir os desvios que surgem durante o processo (ARAUJO, 2005). Esses desvios

requerem um cuidado mais rigoroso, pois podem impactar direta e indiretamente no processo (CARVALHO; PALADINI, 2012).

De acordo com D'Ascensão (2001), o fluxograma nos permite identificar alguns aspectos importantes, como:

- √ O tipo de processo que está sendo realizado;
- ✓ As operações realizadas no processo;
- ✓ Onde são realizadas as ações;
- ✓ Quem executa as ações;
- ✓ Quais as entradas e saídas do processo;
- ✓ Qual o fluxo de informações a ser seguido;
- ✓ Qual os recursos utilizados no processo;
- ✓ Qual o tempo médio de execução do processo;
- ✓ Quais os custos envolvidos ao decorrer do processo.

Além de descrever o sequenciamento de fases de um processo, o fluxograma permite verificar quais atividades podem ser feitas em paralelo com outras atividades, descrevendo quais recursos de tecnologia, capacidade, entre outros que são utilizados para esse processo (SCHMENNER, 1999).

Para melhor entendimento e visualização, o fluxograma utiliza símbolos padrões, para identificar melhor as etapas dos processos (ARAUJO, 2005).

Segue abaixo o exemplo de um Fluxograma na Figura 1:

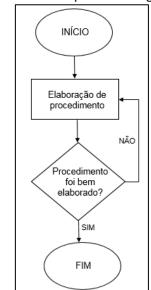


Figura 1 – Exemplo de Fluxograma

Fonte: Autoria própria

2.8.1 Diagrama de Ishikawa

Diagrama de *Ishikawa* ou Diagrama espinha de peixe, devido sua estrutura ser similar ao esqueleto de peixe, o mesmo é uma ferramenta que demonstra a relatividade existente, entre causa e efeito de um processo, onde se possui diferentes categorias de causas (RODRIGUES, 2010).

O diagrama tem como objetivo, identificar as possíveis causas de um problema não conformidades (MONTGOMERY, 1985). Inicialmente se escolhe um problema que será analisado, este problema será acompanhado de uma breve descrição, em seguida é destrinchado as possíveis causas para este problema, chegando então na causa principal causa, em seguida é feito um *Brainstorming* com a equipe que o está desenvolvendo, a fim de discutir e resolver o problema em questão (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Essa ferramenta conta com duas etapas subsequentes, a primeira é o levantamento de todas as causas possíveis, e a segunda é a organização dessas causas de forma sistêmica (FILHO, 2003). Para causas operacionais, os grupos são classificados em:

- ✓ Máquina;
- ✓ Mão-de-obra:
- ✓ Método;
- ✓ Meio ambiente;
- ✓ Medição;
- ✓ Material.

Segundo Lins (1993), para causas administrativas, os grupos são:

✓ Políticas:

- √ Equipamentos;
- ✓ Pessoal / Recursos Humanos;
- ✓ Procedimentos:
- ✓ Infraestrutura.

Segue abaixo o exemplo de um Diagrama de Ishikawa na Figura 2:

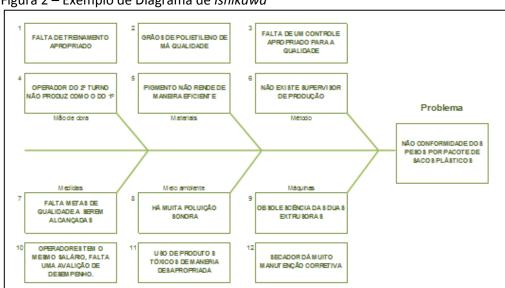


Figura 2 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa

Fonte: Autoria própria

2.8.3 Checklist

O *Checklist* ou Folha de Verificação é um formulário específico ou planilha, onde se é posto todos os dados para registro das informações de forma fácil e concisa, de forma a se obter os dados de forma padronizada, podendo ser utilizado de acordo com cada finalidade, permitindo uma imediata interpretação da situação (CARPINETTI, 2012). Esse formulário permite verificar se existe variação em um dado processo (LOBO, 2010).

O *Checklist* pode auxiliar na localização de um defeito, na verificação de itens defeituosos, na observação de causa e efeito, entre outros. Para qualquer finalidade de coleta de dados, essa ferramenta se faz necessária para que se tenha um registro planejado, e uma aplicabilidade simplificada e imediata (VIEIRA, 1999).

2.8.4 Diagrama de Pareto

É uma ferramenta de análise quantitativa, que demonstra através de um gráfico, ordenado de forma decrescente uma dada ocorrência, que permite a priorização dos problemas, e uma curva que demonstra as porcentagens acumulada de cada barra. Tendo como objetivo, focar os esforços onde se concentra o maior número de problemas, com problemas mais triviais, que causam maior impacto, para que assim, sejam maiores ganhos obtidos (WERKEMA, 2006).

O Diagrama de Pareto deduz que, 20% das causas, são responsáveis por pelos menos 80% dos problemas, sendo assim, deve-se ser identificado e criado ações para eliminação dessas causas, no que resultará na redução de 80% das perdas da empresa (WERKEMA, 2006).

A construção do Diagrama de Pareto se dá através da seleção dos tipos de problemas ou causas ao qual se deseja analisar ou comparar, a frequência de ocorrências, referente a um defeito, problema ou falha, definir um período ao qual ocorrem e a coleta dos dados. (CARPINETTI, 2010).

Segue abaixo o exemplo de um Diagrama de Pareto no Gráfico 1:

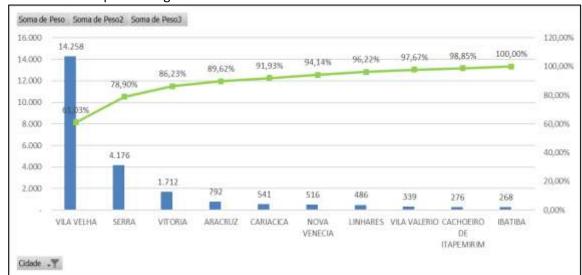


Gráfico 1 – Exemplo de Diagrama de Pareto

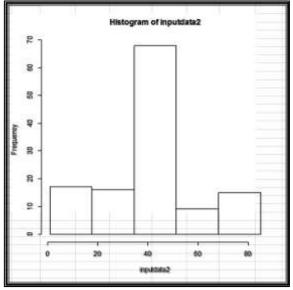
Fonte: Autoria própria

2.8.5 Histograma

O Histograma é uma ferramenta quantitativa, representada através de um gráfico de barras, ao qual remete fácil entendimento, ilustrando a frequência de um dado processo. O gráfico tem como eixo horizontal a representação da frequência, por uma variável determinada, e o eixo vertical o intervalo proporcional do dado estudado (CARPINETTI, 2012).

Segue abaixo o exemplo de um histograma no Gráfico 2:

Gráfico 2 - Exemplo de Histograma



Fonte: Autoria própria

2.8.6 Diagrama de dispersão

O Diagrama de Dispersão é representado graficamente, e tem como função fazer uma análise entre duas ou mais variáveis, para verificar a existência de alguma correlação, ou alteração, de causa ou efeito em um dado processo, podendo ser positiva, negativa ou sem correlação (WERKEMA, 2006).

Essa ferramenta tem como objetivo aumentar o grau de eficiência dos processos analisados, auxiliando na identificação de possíveis não conformidades para assim poder detê-las através de planos de ação (CARPINETTI, 2012).

Segue abaixo o exemplo de um Gráfico de Dispersão no Gráfico 3:

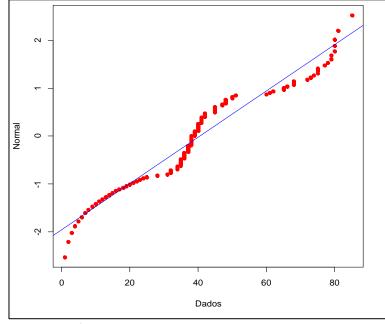


Gráfico 3 – Exemplo de Gráfico de Dispersão

Fonte: Autoria própria

2.8.7 Gráfico de controle

O gráfico de controle ou carta de controle, é uma ferramenta de análise e monitoramento feita através de observação, por um período determinado de tempo, representado através de gráficos. Através desse monitoramento, é possível de forma rápida identificar os problemas e corrigi-los (WERKEMA, 1995).

Segundo Carvalho e Paladini (2012, p. 375):

Como regra geral, os gráficos de controle são instrumentos para separar causas aleatórias das causas assinaláveis. Eles verificam se o processo é estável, se o processo está sob controle e se permanece assim e permitem a análise das tendências do processo.

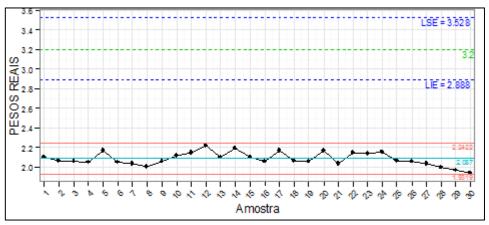
Deve-se minimizar a ocorrência de variabilidade, pois pode-se gerar não conformidades no resultado do processo (CARPINETTI, 2012).

Para melhor entendimento, Marshall Junior e outros (2010, p. 106) explicam um pouco sobre a elaboração do gráfico:

Para a construção do gráfico de controle deve-se calcular estatisticamente o limite superior de controle (LSC), o limite inferior de controle (LIC) e a média (M) de um processo. Os dados do processo, dentro desses limites, caracterizados, na maior parte das vezes, que o mesmo está estatisticamente sob controle (estável) e que as flutuações são consistentes e inerentes ao processo.

Segue abaixo o exemplo de um Gráfico de Controle no Gráfico 4:

Gráfico 4 – Exemplo de Gráfico de Controle



Fonte: Autoria própria

2.9 MÉTODO DOS 5 PORQUÊS

É uma ferramenta qualitativa, que pode ser utilizada em qualquer setor, e que tem como objetivo chegar a raiz do problema, para um maior esclarecimento dos sintomas óbvios (OHNO, 1997). Esse método consiste em múltiplos questionamentos, e, através desse desdobramento, podem-se identificar a causa e o efeito, para serem construídas hipóteses para construção da causa raiz (OHNO, 1997).

A primeira pergunta deve ser construída utilizando o próprio problema, e deve responder o porquê do problema, as outras seguem sempre questionando a causa anterior (KUME, 1993).

Segue abaixo o exemplo de um método dos 5 Porquês no Quadro 1:

Quadro 1 – Exemplo do Método dos 5 Porquês

Causas Prováveis	1º Por Que?	2º Por Que?	3º Por Que?	4º Por Que?	5º Por Que?
desgastado	falta de manutenção/repar o de componentes	sem definição de responsável pelo equipamento	Falha na difusão da informação de SPARE PARTS adquiridos	SPARE PARTS adquiridos não atendem plenamente	Equipamento inadequado para atividade

Fonte: Autoria própria

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2002, p. 19) "a pesquisa é uma atividade racional e sistemática, exigindo que as ações por ela produzidas sejam planejadas em todas as suas etapas".

Um método de pesquisa é composto por um conjunto de etapas ordenadas, que junto ao conhecimento, faculta a investigação de um fenômeno científico. As etapas englobam toda a sequência, desde a escolha do tema, até a elaboração das conclusões e divulgação dos resultados (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1 NATUREZA

Para realização deste trabalho, optou-se por uma pesquisa de natureza aplicada, pois é motivada pela necessidade de resolver um problema concreto encontrado durante a realização dos testes em geral, também será utilizado a pesquisa bibliográfica, por ser feito todo levantamento bibliográfico para consulta, estudo e entendimento das ferramentas utilizadas.

Segundo Barros (2000, p. 78), "a pesquisa aplicada é aquela em que o pesquisador é movido pela necessidade de conhecer para a aplicação imediata dos resultados".

Quanto aos meios, é classificada como pesquisa de campo, por ser realizado todo processo de investigação, coleta de dados, reuniões periódicas, levantamento de dados, análise das falhas e plano de ação para tratativa das não conformidades.

3.2 ABORDAGEM

Este trabalho utiliza como abordagem o caráter quali-quantitativo, pois é realizado todo o levantamento e registro das falhas, por um dado período, objetivando quantificar as dadas classificações das falhas, é realizado estratificação, para melhor interpretação e compreensão das falhas, para poder conseguir realizar uma análise mais detalhada, para assim se chegar a um resultado.

3.3 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como estudo a forma descritiva, onde foi realizado através de dados reais, o preenchimento do formulário de análise de falhas, para cadastro, entendimento da falha e geração de ações. Teve também como auxílio a utilização da ferramenta Microsoft Excel, para elaboração do *Checklist*, geração de planilhas de controle, ferramentas estatísticas, onde os dados serão apresentados através de Diagrama de Pareto, demonstrando as estratificações das máquinas críticas, e das falhas mais recorrentes no processo de teste.

Segundo Gil (2002, p. 42), "as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis".

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada é especializada na produção tubos flexíveis, e tem um setor específico para desenvolvimento de novos tubos, e testes de qualificação dos já existentes, podendo assim garantir sua qualidade e eficiência. Porém, por ser um processo de alto grau de complexidade e assertividade, há a ocorrência de algumas falhas durante os processos de testes.

Para diminuir a recorrência dessas falhas, será implantada a ferramenta de Análise de falhas. Durante essa análise, é importante considerar o histórico do comportamento do equipamento que falhou para compor histórico da falha, observando as fontes de informações disponíveis como os relatórios da inspeção, monitoramentos preditivos, registros da manutenção preventiva, as observações feitas pelo(s) operador(es) de fatos ocorridos, momentos antes da falha, ou durante os últimos turnos de operação da máquina (mudança no padrão de operação, superaquecimento, barulhos anormais, registros do painel, odores estranhos ou qualquer outra observação relevante), e também é considerado para análise todo o processo de teste, desde fluxo de informações, planejamento, execução e entrega de relatório do mesmo.

As não conformidades podem ser identificadas por meio dos itens de controle e de verificação, como auditorias, inspeção ou observação do processo. A análise de não conformidades começa no seu relato, portanto quando os relatos são bem feitos, proporcionam maior facilidade de entendimento do problema e consequentemente mais informações para uma boa análise de causa. É de fundamental importância que o supervisor motive os operadores a realizarem os relatos, mostrando o impacto desta ação para os resultados da companhia, e também, fornecendo o *feedback* das ações tomadas e dos problemas resolvidos devido ao relato das não conformidades.

Alguns passos importantes são: entrevista ao operador, pesquisa aos relatos escritos como livros de registro, relatórios de turnos, ordens de serviços prévias, etc. Todas as informações recolhidas devem ser utilizadas e descritas nas análises.

Ao decorrer do trabalho serão descritos os tipos de testes que são realizados no setor de Pesquisa e Desenvolvimento, será feito todo o mapeamento das falhas encontradas durante o processo de teste, utilização da ferramenta de Análise de Falhas, gerados planos de ação para tratativa das falhas e apresentação dos resultados obtidos.

Devem-se seguir algumas etapas para abertura, acompanhamento e tratamento das falhas, sendo elas:

- Identificação e registro das falhas;
- 2) Planejamento, organização, e execução das reuniões para tratamento das falhas com as áreas envolvidas;
- 3) Realização do plano de ação para tratamento das falhas;
- Execução das ações definidas;

- 5) Disseminar para todos os envolvidos na execução do teste as análises de falhas relativas ao processo;
- 6) Acompanhamento durante três meses para confirmar a efetividade do plano de ação, e não reincidência da falha.

A implantação da ferramenta de Análise de Falhas terá a duração de seis meses para cadastro, controle e monitoramento das falhas, e análise da implantação da ferramenta, tendo seu início em abril de 2017, e término em setembro de 2017.

3.4.1 Tubo Flexível

Os testes são realizados com amostras, que são pequenos pedaços de tubos, que variam de tamanho de acordo com o tipo de teste e sua especificação, não necessariamente tem um tamanho padrão, os testes também variam em relação ao tipo de linha (diferentes tipos de tubo), que está sendo estudada ou desenvolvida. Por ser um material com custo elevado, são utilizadas amostras, para que em caso de falhas nos testes, não ter tanto impacto financeiro.

Segue abaixo na Figura 3, a representação de uma amostra que é utilizada para os testes de qualificação:



Figura 3 – Amostra de tubo flexível

Fonte: Autoria própria

O conector é um acessório auxiliador do tubo flexível, que realiza a interligação do tubo com a árvore de natal (conjunto de válvulas, como se fosse uma base, que fica no fundo do mar que regula o fluxo da extração do petróleo, a mesma faz junção ao tubo, onde se liga diretamente com o poço). Se faz necessário, a utilização de conectores nas pontas do tubo flexível, para assim poder fazer a conexão de uma extremidade com o reservatório de petróleo (navios), e a outra com a árvore de natal. Segue abaixo na Figura 4, a representação de um conector.

Figura 4 – Conector



Fonte: Autoria própria

3.4.2 Detalhamentos dos processos de teste

Nesse tópico, será apresentando os processos de teste que são realizados na empresa estudada, onde nesses processos, são feitos com equipamentos desenvolvidos pela empresa para o atendimento pleno das necessidades dos testes realizados, com um corpo técnico altamente treinado e capacitado para a execução e análise crítica dos resultados obtidos, conforme as figuras a seguir demonstradas abaixo, segue na Figura 5, o primeiro teste apresentado, tração-tração.



Figura 5 – Teste de tração-tração

Fonte: Autoria própria

O teste apresentado pela Figura 5 consiste em tracionar o tubo, exercendo certa força especificada no procedimento de teste, com o objetivo de verificar a validação da metodologia de projeto utilizada para prever a vida útil do tubo e da integridade estrutural das conexões, através da verificação da resistência mecânica, de deformação e tensão de ruptura.

Figura 6 – Teste de desgaste



Fonte: Autoria própria

O teste apresentado pela Figura 6 consiste em simular o desgaste da capa plástica (capa que envolve o tubo), para proteção contra reações da água marinha (corrosão) do tubo em alto mar, é realizado em uma bancada denominada Tribômetro.

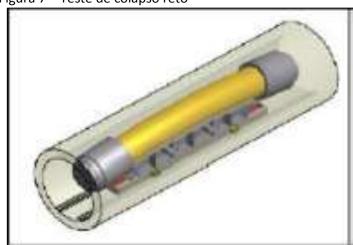


Figura 7 – Teste de colapso reto

Fonte: Autoria própria

O teste apresentado pela Figura 7 consiste em avaliar a resistência do tubo, à pressão hidrostática externa, e também verificar o sistema de vedação interior adequado do conector, quando submetido à pressão externa.

Esse teste faz validação se há possibilidade de rupturas sob pressão interna e externa na estrutura da amostra.

Figura 8 – Teste de colapso curvo



O teste apresentado pela Figura 8 consiste em avaliar a resistência do tubo à pressão hidrostática externa sob uma curvatura controlada, e também verificar o sistema de vedação interior adequado do conector, quando submetido à pressão externa. Para assim validar se há possibilidade de rupturas sob pressão interna e externa.



Figura 9 – Teste de tração curva

Fonte: Autoria própria

O teste apresentado pela Figura 9 consiste em avaliar a resistência de curvatura do tubo, submetendo a amostra a um grau de curvatura que é especificado no procedimento de teste.

Esse teste faz a validação se se há possibilidade de rupturas internas ou externas na estrutura da amostra.

Figura 10 – Teste de tração reta



O teste apresentado pela Figura 10 consiste na combinação de tensão de assentamento do projeto, com a carga de esmagamento (compressão radial), com o objetivo de avaliar a flexibilidade do tubo.



Figura 11 – Teste de dobramento

Fonte: Autoria própria

O teste apresentado pela Figura 11 tem o objetivo de analisar a resistência mecânica do tubo e da capa plástica, através de uma sequência determinada de ciclos de dobramentos realizados no tubo.

Esse teste faz a validação se há possibilidade de rupturas internas ou externas na estrutura da amostra.

Figura 12 – Teste de explosão



O teste apresentado pela Figura 12 consiste em exercer certa pressão determinada no procedimento de teste na amostra até a explosão acorrer, de modo a avaliar o comportamento da estrutura quando pressurizado, e verificar, se a pressão de ruptura registrada está de acordo com os critérios de aceitação exigidos. Para assim validar se há possibilidade de rupturas sob pressão interna e externa.



Figura 13 – Resultado do teste de explosão

Fonte: Autoria própria

Na Figura 13, pode-se observar um exemplo de uma amostra que foi submetida ao teste de explosão, observa-se que houve ruptura da estrutura externa da amostra, caracterizando-se como um teste destrutivo, pois teve sua estrutura violada, de forma a não poder reutilizar a amostra para outra finalidade.

Figura 14 – Teste de fadiga



O teste apresentado pela Figura 14 consiste na aplicação de uma força de esmagamento no fio (material integrante da estrutura interna da amostra, tendo em vista que o tubo é constituído por várias camas, uma delas é o fio, que é denominado, fio da armadura), essa força é determinada no procedimento de teste, podendo ser realizado em vários ciclos, sendo aplicado até a falha do fio para determinar a resistência da estrutura.

Esse teste tem como objetivo verificar a deformação plástica até o rompimento, determinando assim qual sua tensão de ruptura.

Segue abaixo na Figura 15, a representação do fio que é testado no teste de fadiga, o mesmo faz parte da estrutura interna do tubo.

Figura 15 – Fio da armadura



Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Teste de tração-flexão



O teste apresentado pela Figura 16 consiste em submeter o tubo a esforços cíclicos que vão aumentando progressivamente o seu dano teórico acumulado, com o objetivo de verificar a metodologia de fadiga das armaduras de tração na região das extremidades do tubo onde se liga a conexão.

Esse teste tem como objetivo verificar a deformação plástica nas tenções de flexão máxima, e, admissível do material.

É importante ressaltar que existem duas classificações de teste:

- ✓ Teste destrutivo: É considerado o teste que se tem perda da amostra, sendo tanto total, como parcial, quando não se tem mais como utilizar aquela amostra para outro teste. Esse teste tem como objetivo avaliar a pressão tanto externa e interna que o tubo suporta. Esse tipo de teste é realizado nas bancadas: *Burst* (teste de explosão), Tração (teste de escala da menor fadiga), Tribômetro (teste de desgaste), CH08 (teste de colapso reto e curvo);
- ✓ Teste não destrutivo: É o teste que não altera permanentemente o estado físico e mecânico do tubo, com o objetivo de estudar e analisar a resistência mecânica do tubo, e em linhas que ocorreram problemas, estudar defeitos de fabricação. Esse tipo de teste é realizado nas bancadas de Tração-Tração, Tração-Flexão, Tração-Curva, Tração-Reta e Teste de reparo da capa (dobramento).

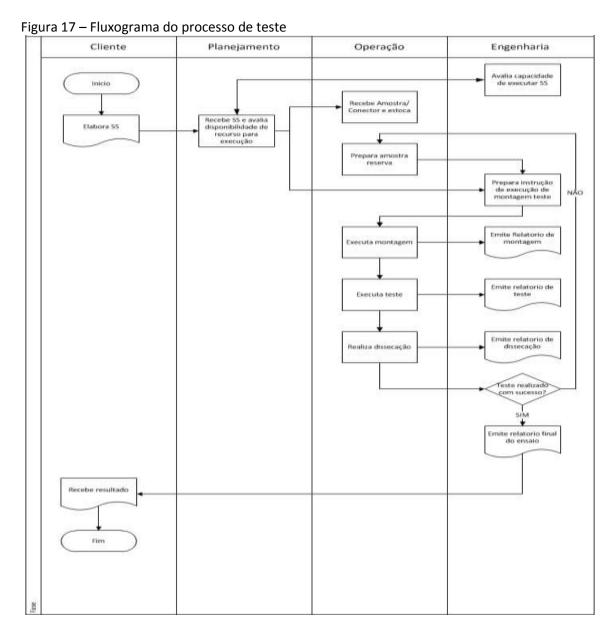
Principalmente nos casos dos testes destrutivos, onde se tem em muitas vezes a perda total da amostra, não permitindo a reutilização da mesma, têm se a necessidade de mais assertividade no processo de teste, por isso a ferramenta de Análise de Falhas se torna tão importante nesse setor, por se tratar de um processo que tem um custo elevado investido para desenvolvimento de novos tubos, e por ser um processo que lida sempre com testes diferentes, que tem especificações diferentes, têm-se um grau de dificuldade de assertividade, pois cada teste tem sua particularidade,

que ao decorrer do processo de teste pode aparecer falhas que não foram mapeadas desde planejamento.

3.5 FLUXO DO PROCESSO

Conforme descrito no item introdução, o problema encontrado na empresa estudada, é a reincidência de falhas que ocorrem durante a fase de testes dos tubos flexíveis. Logo para solucionar essas falhas, foi proposto a implantação da ferramenta de Análise de Falhas para auxiliar na identificação e solução das mesmas.

A análise de falhas pode ser aplicada durante todo o processo de teste, até mesmo quando o processo já está em operação, para melhor entender o processo, segue abaixo um fluxograma que mostra todo o fluxo, desde a "SS" (solicitação de serviço), que é feito pelo cliente (externo ou interno), até a entrega do resultado do teste. Segue abaixo a representação do Fluxograma na Figura 17:



3.5.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Através do fluxo do processo estabelecido, foi feito um *Brainstorming* com grupos interdisciplinares para ser entendido e definido em que momento do processo estão ocorrendo essas falhas, partindo do pressuposto que a causa raiz já temos, que são as reincidências de falhas. Sendo assim, segue abaixo na Figura 18, o Diagrama de *Ishikawa* que apresenta durante todo o processo, onde surgem as falhas.

Falha de comunicação duirante o processo de recebimento e entendimento da SS.

Falha no planejamento dos testes.

Falha no recebimento da amostra.

Falha no recebimento da amostra.

Reincidência de Falhas.

Figura 18 – Diagrama de Ishikawa: Falhas durante o processo

Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado no Diagrama de Ishikawa da Figura 18, que a reincidência de falhas pode ser ocasionada por 6 causas distintas, sendo elas:

- ✓ Falha de comunicação durante o processo de recebimento e entendimento da "SS": Essa falha pode ocorrer devido ao preenchimento incorreto da "SS" feita pelo cliente, ou falta de entendimento da coordenação de planejamento que recebe a mesma;
- ✓ Falha no planejamento dos testes: Essa falha pode ocorrer devido ao mal planejamento de execução do teste, impactando assim todas as outras etapas subsequentes da realização do teste;
- ✓ Falha no recebimento da amostra: Essa falha pode ocorrer no momento do recebimento e armazenagem, tanto no envio incorreto da amostra solicitada, no transporte que pode ocorrer extravio, sinistro, ou avaria, e no recebimento que a mesma pode ser armazenada de forma incorreta, impossibilitando assim o seu uso para o teste;
- ✓ Falha na montagem: Essa falha pode ocorrer devido a falha de comunicação entre as equipes de montagem, que pode ser feito a montagem incorreta da amostra, ou falta de atenção, deixando a amostra mal montada para execução do teste;

- ✓ Falha na execução do teste: Essa falha pode ocorrer devido à má elaboração da instrução de trabalho e do procedimento de teste, que são documentos que informam devidamente como realizar o teste;
- ✓ Perda da amostra: Essa falha pode ocorrer mediante as falhas anteriores, principalmente na falha de execução do teste, pois se for um teste destrutivo, pode ocorrer a perda total da amostra, e se for um teste não destrutivo, podese ter perda parcial da amostra, impossibilitando assim de obter o resultado requerido do teste para o qual aquela amostra foi solicitada.

3.6 CHECKLIST

Para o primeiro passo da análise de falhas, foi realizado o levantamento e coleta de dados e informações da ocorrência da falha, logo foi elaborado um *Checklist* para registro, padronização e desenvolvimento dos dados iniciais de falhas durante o processo de teste. Segue no Apêndice A, o *Checklist* com majores detalhes.

Nos tópicos abaixo, serão explicados todos os passos de preenchimento do *Checklist*, que são eles: definição da falha, descrição da falha, razões para ocorrência da falha, plano de ação e validação das ações corretivas.

3.6.1 Definição da falha

Neste tópico, é definido um título para falha ocorrido, é identificado o tipo de projeto (teste) ao qual ocorreu falha, qual a área que foi afetada, em qual bancada ou equipamento ocorreu essa falha, se foi aberta alguma NC (não conformidade), qual a data de ocorrência da falha e quais são os requisitos para análise. Outro ponto abordado é se essa falha está relacionada aos aspectos de mão-de-obra, método, máquina, materiais, meio ambiente ou processo. Segue abaixo na Figura 19, a parte do checklist que demonstra esse tópico.

Figura 19 – 1° parte Checklist: Definição da falha

DEFINIÇÃO DA FALHA						
Titulo da Falha	Titulo da Falha Projeto Área Afetada Bancada / Equipamento Nº da NC Data do Evento					
Requisitos para Análise						
○ Risco de HSE ○ Perda de Amostra ou Teste	⊜ Evento ⊜ Retral	o Reincidente balho	 ☐ Interrupcão do Teste ⑥ Atraso do Teste Maior o 	que 24h	Outros	

Fonte: Autoria própria

Os requisitos para análise estão relacionados ao impacto que essa falha vai gerar no processo de teste, podendo ser:

Quadro 2 – Requisitos para análise

Impacto	Evento
Risco de saúde, segurança e	- Situação em que causou ou poderia ter causado um acidente;
meio ambiente	- Comportamento de pessoa/ bancada/ equipamento que
	poderia gerar um acidente ou contaminação do meio ambiente.

ema ocorrido durante o teste que pode gerar impacto
amostra ou para o resultado do teste;
físico a amostra;
ção que pode inviabilizar a amostra para o uso no teste.
to que se repete em função de não ter sido tratado em
cesso de Análise de Falha;
ção já conhecida que impacta a atividade ou realização
e pela sua repetição.
ção que gerou necessidade de ser refeita;
alho feito de forma errada ou não completa gerando
sidade de refazimento.
foi interrompido em decorrência de motivos externos;
teve uma parada não planejada em função de quebra da
da/equipamento;
alho foi interrompido em virtude de o equipamento/
nário não estar disponível para o término da atividade.
na execução de atividade decorrente do não
mento de um procedimento, instrução ou preenchimento
Checklist.
netros de testes conhecido e estabelecido em instrução
o foi cumprido;
umprimento de regra ou procedimento estabelecido.
tos que não podem ser classificados dentro das
ões citadas a cima.

3.6.2 Descrição da falha

Nessa etapa, foi realizada a descrição de todo o ocorrido, do porque é classificado como falha, em que momento a falha foi detectada, se é a primeira ocorrência da falha e com que frequência ocorre, em quais áreas essa falha tem impacto e se foi tomado alguma contra medida imediata para interromper a falha no momento da ocorrência. Além do que também é feita a classificação do tipo de perda que houve no processo de teste e que gerou a análise de falhas, de forma que possamos identificar e agrupar tipos semelhantes para a identificação das suas causas. Essas perdas podem ser classificadas como:

- ✓ HSE/Meio Ambiente;
- ✓ Produção/Teste
- ✓ Material;
- ✓ Amostra;
- ✓ Qualidade/Informação.

Segue abaixo na Figura 20, a parte do *checklist* que demonstra esse tópico.

Figura 20 – 2° parte Checklist: Descrição da falha

	DESC	RIÇÃO DA FALHA		
Descrição da falha				
Por que isto é uma falha?				
Em que momento a falha f	foi detectada?			
É a primeira vez que ocori	re? Com que frequência ocorre?			
Esta falha tem impacto em	outras áreas?			
Medidas Imediatas			Responsáveis	
medidas illiediatas			No sportsavers	
Tipo de Perda:	C HSE/Meio Ambiente C Produção/	Teste • Material •	Amostra 🖰 Qu	alidade/Informação

3.6.3 Razões para ocorrência da falha

Nesse tópico é definido o responsável para análise da falha, realizando um *Brainstorming* com os responsáveis de cada área envolvida diretamente e indiretamente na falha, feita uma análise e desenvolvimento dos 5 porquês e a identificação do tipo de falha, para identificar qual a origem do problema e ao longo do tempo. Com o acúmulo de eventos, a deficiência da empresa pode aparecer em alguma área específica, ações serão direcionadas para corrigir esta deficiência. Esses tipos de falhas podem ser classificados como:

- ✓ Instrumentação/Automação;
- ✓ Operacional;
- ✓ Elétrica;
- ✓ Planejamento/Comunicação;
- ✓ Mecânica;
- ✓ Engenharia/Projeto;
- ✓ Hidráulica.

Segue abaixo na Figura 21, a parte do checklist que demonstra esse tópico.

Figura 21 – 3° parte Checklist: Razões para ocorrência da falha

RAZÕES PARA OCORRÊNCIA DA FALHA							
Responsável pela Análise:							
			Participantes da	Análise			
Nome		Função			Assinatura		
Brainstorming	Análise dos 5 Porquês						
Causas Prováveis	1º Poi	Que?	2" Por Que?	3" Por Que	? 4•F	or Que?	5" Por Que?
Tipo de Falha							
C Instrumentação/Automação		C Elé	étrica	C Me	ecânica		C Hidráulica
C Operacional C Planejamento/Comunicação C Engenharia/Projeto							

3.6.4 Plano de ação

No plano de ação são definidas as ações a serem tomadas para cada causa raiz identificada durante o desenvolvimento dos 5 Porquês. É determinado um responsável para realizar aquela ação, e um prazo mínimo para realização da ação. Uma vez que a ação é cadastrada o *status* da mesma entra como "em andamento", e, assim que realizada, entra como finalizada. O responsável pela análise da falha deve também, acompanhar e cobrar a execução das atividades definidas no plano de ação. Segue abaixo na Figura 22, a parte do *checklist* que demonstra esse tópico.

Figura 22 – 4° parte *Checklist*: Plano de ação

PLANO DE AÇÃO						
Causa Raiz	Ações	Responsável	Prazo	Status		
				✓		
				4		
				4		
				4		
				4		

Fonte: Autoria própria

3.6.5 Validação das ações corretivas

Nesta etapa, após todas as ações serem concluídas, a análise de falhas fica sob avaliação durante três meses para verificar se a ação aplicada foi eficaz para sanar a falha. Caso positivo, é evidenciada a eficácia da ação corretiva, e finalizada a análise de falha, e caso contrário, a falha entra em nova análise. Segue abaixo na Figura 23, a parte do *checklist* que demonstra esse tópico.

Figura 23 – 4° parte *Checklist*: Validação das ações corretivas

VALIDAÇÃO DAS AÇÕES CORRETIVAS			
A falha voltou a ocorrer? Evidência da Eficácia da Ação Corretiva Data de			
CSIM €NÃO			

3.7 BUSCA DA CAUSA FUNDAMENTAL

Para identificar as causas fundamentais das falhas dos equipamentos ou processo e efetivar o seu bloqueio, de modo a eliminar sua reincidência ou minimizar os seus efeitos, deve-se garantir que as falhas estejam sendo tratadas até a eliminação da causa fundamental da falha que causou a interrupção do processo de teste.

Para auxiliar esta busca, segue no Quadro 2 os principais aspectos a serem observados na investigação da causa raiz:

Quadro 2 – Aspectos da causa raiz

Quadro 2 715pccto5 da caasa rais	
Aspectos	Conteúdo da Observação
Padronização da Manutenção / Intervenção	 Existem padrões de inspeção? A periodicidade das inspeções e seus critérios de julgamento (valores-padrão) estão definidos? Existem padrões de reforma dos equipamentos? As periodicidades das reformas estão definidas? Existem padrões de troca das peças? A periodicidade das trocas e seus critérios de julgamento estão definidos? Existem procedimentos de inspeção, reforma e troca de peças? Existem meios para registrar os resultados reais das inspeções, reformas e troca das peças?
Cumprimento dos Padrões de Manutenção	 As inspeções, regulagens e trocas das peças dos equipamentos estão sendo feitas com base nos padrões e de acordo com a periodicidade estabelecida? As inspeções, regulagens e troca de peças dos equipamentos estão sendo feitas com base nos procedimentos? Os resultados reais das inspeções, regulagens e trocas de peças estão sendo registrados?
Condições de Operação dos Equipamentos	 Existem procedimentos padrão para operar os equipamentos? Os equipamentos estão sendo operados de acordo com os procedimentos padrão?

Quadro 2 – Aspectos da causa raiz

Conclusão

Aspectos	Conteúdo da Observação
Ambiente de Operação dos Equipamentos	O ambiente de operação dos equipamentos é favorável? Observar o ambiente de operação dos equipamentos quanto à presença de poeira, água, óleo, eletricidade estática e agentes corrosivos e quanto às condições desfavoráveis de temperatura, umidade e vibração.
Evidências das Peças Danificadas	 As especificações do equipamento estão disponíveis? Verificar se existem erros de projeto ou fabricação das peças do equipamento quanto à resistência dos materiais, tipos de materiais utilizados e dimensionamento. Introduzir melhorias. Houve erro de operação ou sobrecarga do equipamento, ultrapassando sua capacidade? Revisar os procedimentos padrão de operação. Respeitar a capacidade do equipamento e introduzir melhorias para atender às necessidades de produção quanto ao volume, velocidade e

	carga.
	Houve erro de manutenção durante a inspeção, regulagens e troca de
	peças dos equipamentos? Revisar padrões de manutenção.
	•Houve erro na compra das peças de reposição (peças fora de especificação)?
	• As condições de manuseio e armazenamento das peças de reposição são desfavoráveis?
	• Existem padrões de inspeção de recebimento das peças de reposição?
Outros	Houve erro durante a inspeção de recebimento das peças de reposição?
	• O conhecimento e as habilidades do pessoal de manutenção e produção são suficientes?
	• As condições de trabalhos do pessoal de manutenção e produção são adequadas? Verificar se o ambiente de trabalho contribuiu para os erros da manutenção e operação.
	Todas as ferramentas e instrumentos de testes necessários à
	manutenção e à produção estão disponíveis e calibrados?
	• Verificar a existência e as condições dos dispositivos de segurança dos
	equipamentos.

Fonte: XENOS,1998, p,102

3.8 COMUNICAÇÃO COM A GERÊNCIA

Através da identificação da necessidade de uma ferramenta para análise e desenvolvimento de ações corretivas para as falhas que surgem durante o processo de teste, foi realizado todo o mapeamento do fluxo do processo de teste, foi elaborado um *Checklist* para identificação da falha e realizado uma análise das causas prováveis geradoras da falha, objetivando descobrir a causa raiz e desenvolver um plano de ação para sanar as falhas. Posteriormente, foi apresentada a proposta de implantação dessa ferramenta ao coordenador da área de planejamento e infraestrutura, e ao gerente do setor de pesquisa e desenvolvimento, onde a proposta foi aprovada e então iniciado o processo de implantação.

3.8.1 Procedimento

Após tido a autorização dos gestores para implantação da ferramenta de Análise de Falhas, foi observada a necessidade de estabelecer as diretrizes para a análise e para o tratamento das falhas originadas durante o processo. Desse modo foi criado um procedimento de instrução e auxílio em todo o processo de abertura e tratamento dessas falhas.

Esse procedimento segue os seguintes tópicos:

- ✓ Objetivo;
- ✓ Campo de aplicação;
- ✓ Definições;
- ✓ Responsabilidades;
- ✓ Metodologia;
- ✓ Busca da causa fundamental;
- ✓ Requisitos para análise;

- √ Tipo de perda;
- ✓ Tipo de falha;
- ✓ Análise de Pareto;
- ✓ Prazo de abertura:
- ✓ Prazo de encerramento;
- ✓ Indicador IETF e IEPA.

3.8.2 Treinamento da equipe

Uma vez aprovada à implantação da ferramenta de análise de falhas pelos gestores acima citados, iniciou-se o processo de treinamento para maior capacitação dos colaboradores do setor, com posterior padronização. O treinamento foi teórico, formalizado por meio de controle físico, com descrição dos tópicos abordados como:

- ✓ Objetivo;
- ✓ Campo de aplicação;
- ✓ Responsabilidades das coordenações;
- ✓ Metodologia;
- ✓ Preenchimento Checklist
- ✓ Busca da causa fundamental;
- ✓ Plano de ação;
- ✓ Prazos de abertura e encerramento;
- ✓ Indicador IETF e IEPA.

3.9 RESPONSABILIDADES

O setor de pesquisa e desenvolvimento é formado por quatro coordenações, sendo elas: Coordenações de Engenharia, Planejamento e Infraestrutura, Operação e Laboratório. Tendo em vista que cada coordenação tem suas próprias atribuições, entende-se que as mesmas têm responsabilidades distintas durante o processo da análise das falhas, porém é de responsabilidade de todas as coordenações que seja identificado e registrado todas as falhas representativas ocorridas no processo de teste, sendo assim foi definido as responsabilidades de cada coordenação.

3.9.1 Coordenação de Engenharia

- ✓ Planejar, organizar, convocar e executar as reuniões para tratamento das falhas pertinentes à engenharia;
- ✓ Realizar o tratamento de falhas em sua área de abrangência;

- ✓ Executar as ações dos planos de tratamento de falhas sob responsabilidade da engenharia;
- ✓ Disseminar para todos os envolvidos na execução do teste as análises de falhas relativas ao teste;
- ✓ Avaliar efetividade do processo de tratamento de falhas nas áreas junto às coordenações;
- ✓ Definir e revisar os impactos em conjunto com a área de operação, planejamento e infraestrutura com periodicidade anual.

3.9.2 Coordenação de Planejamento e Infraestrutura

- ✓ Planejar, organizar, convocar e executar as reuniões para tratamento das falhas pertinentes à planejamento e infraestrutura;
- ✓ Realizar gestão e avaliar efetividade do processo de análise de falha, através de indicadores de desempenho;
- ✓ Gerenciar cumprimento das ações previstas nos planos de análise de falha, garantindo sua execução;
- ✓ Executar as ações dos planos de tratamento de falhas sob responsabilidade do planejamento/infraestrutura;
- ✓ Definir e revisar os impactos em conjunto com a área de operação e engenharia com periodicidade anual.

3.9.3 Coordenações de Operação e Laboratório

- ✓ Planejar, organizar, convocar e executar as reuniões para tratamento das falhas pertinentes à coordenação;
- ✓ Planejar, organizar, convocar e executar as reuniões para tratamento das falhas pertinentes à execução, definidos pelo gatilho;
- ✓ Realizar o tratamento de falhas em sua área de abrangência, conforme critérios e gatilhos acordados junto à engenharia;
- ✓ Executar as ações dos planos de tratamento de falhas sob responsabilidade da coordenação;
- ✓ Definir e revisar os impactos em conjunto com a área de engenharia, planejamento e infraestrutura com periodicidade anual.

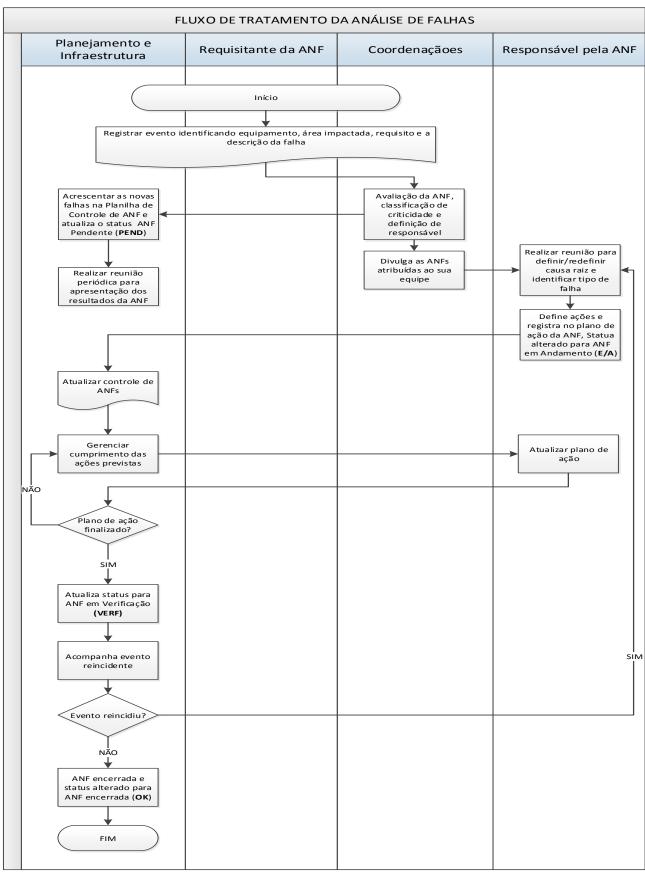
3.10 PADRONIZAÇÃO

Para realização do cadastro e tratamento das falhas, foi elaborado um fluxograma que definiu todos os passos de abertura, quais são as áreas envolvidas, qual ação de cada área para o prosseguimento da análise de falhas, e quem é responsável pelo controle, desenvolvimento e monitoramento das falhas.

Este fluxograma é de suma importância pois define e dá o direcionamento para as áreas responsáveis, mantendo uma padronização de fluxo, desde o registro, até o tratamento das falhas.

Segue abaixo na Figura 24, o Fluxograma do processo de Análise de Falhas.

Figura 24 – Fluxograma do cadastro das falhas



A condução das análises de falhas deve ser realizada de acordo com o fluxograma apresentado na figura 24. Dessa forma, o detalhamento dos passos a serem seguidos é apresentado abaixo:

- 1) Detectar o problema e registrar a falha através do preenchimento das etapas de "Definição da Falha" e "Descrição da Falha", presentes no *Checklist*. Após o registro, o arquivo deverá ser salvo em Excel em pasta especifica definida pela equipe de planejamento;
- 2) A equipe de Planejamento deve acrescentar as ANF's aprovadas e com seus respectivos responsáveis na "Planilha de Controle de ANF's" com o *status* pendente (PEN). Cabe aos coordenadores delegar as análises sob sua responsabilidade aos membros de cada equipe e cobra que o processo seja iniciado e fechado;
- 3) O responsável pela análise deve convocar uma reunião para conduzir a análise da falha, completando as seguintes etapas do *Checklist*: Razões para Ocorrência da Falha e Plano de Ação. O responsável deve, também, acompanhar a execução das atividades definidas no plano de ação.

Uma vez que o plano de ação for preenchido, o status da ANF muda para em andamento (E/A).

A análise será considerada como fechada, *status* (OK), após a verificação de sua efetividade, que pode se dar por duas formas. A primeira, ao se realizar a atividade em análise sem que haja a ocorrência de falha. Segundo, caso complete um período de três meses sem nova ocorrência, desta forma ficando com o *status* de verificação (VERIF).

A consolidação dos dados bem como o acompanhamento dos status, assim como a atualização da Planilha de Controle de ANFs, são de responsabilidade da equipe de Planejamento.

Durante a análise de falha, é importante considerar o histórico do comportamento do equipamento que falhou para compor histórico da falha, observando as fontes de informações disponíveis como os relatórios da inspeção, monitoramentos preditivos, registros da manutenção preventiva, as observações feitas pelo(s) operador(es) de fatos ocorridos, momentos antes da falha ou durante os últimos turnos de operação da máquina (mudança no padrão de operação, superaquecimento, barulhos anormais, registros do painel, odores estranhos ou qualquer outra observação relevante).

3.10.1 Prazo de abertura

O prazo para abertura das Análises de Falha, é de no máximo 10 dias corridos após a ocorrência da falha a ser analisado. Para falhas que não atingirem um impacto, mas que foram julgadas necessárias o seu tratamento, não existe prazo máximo para sua abertura.

3.10.2 Prazo de encerramento

Após a conclusão da última ação da análise de falha, a mesma ficará aberta para check da efetividade da ação. Ao se completar um período de três meses ou a execução da atividade ou teste não apresentarem a ocorrência da falha, garantindo assim sua eficácia (não ocorrência de falha na mesma ramificação do modo de falha), a análise deve ser encerrada. Para isso, deve ser preenchida a etapa de "Validação das Ações Corretivas" presente no *Checklist*, especificando uma evidência da eficácia da ação corretiva realizada, além da data de fechamento da ação.

No caso de ocorrências repetitivas, devem-se propor novas ações de bloqueio permanecendo a análise de falha em aberto.

3.10.3 Indicador de desempenho

De forma a realizar uma gestão sobre o processo de tratamento das falhas que incorrem na empresa estudada, ficaram estabelecidos dois indicadores:

1) Índice de Evolução do Tratamento de Falha (IETF): O IETF visa avaliar a evolução do processo de identificação de causa raiz da falha e definição do plano de ação. Uma vez que identificado à causa raiz da falha e definido o plano de ação, entende-se que evento ocorrido não mais se repetira. Este indicador tem como percentual mínimo para atendimento 70%.

Segue abaixo na Equação 1, a representação equacional do indicador IETF:

Equação 1 – Indicador de evolução do tratamento de falha

Fonte: Autoria própria

2) Índice de Evolução do Plano de Ação (IEPA): O IEPA visa avaliar o atendimento aos prazos estabelecidos para as ações do Plano de Ação. De forma a garantir o andamento das ações propostas para eliminar ou mitigar uma falha. Este indicador tem como percentual mínimo para atendimento 70%;

Segue abaixo na Equação 2, a representação equacional do indicador IEPA:

Equação 2 – Indicador de evolução do plano de ação

Fonte: Autoria própria

Também podemos fazer uma inter-relação entre os dois indicadores, multiplicando o IETF pelo IEPA, obtendo assim a porcentagem de atingimentos de ambos, e dessa forma podemos ver uma relação entre o avanço no tratamento das ANF 's e um comprometimento em fechar as ações definidas no processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PLANILHA PARA CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS

O objetivo da consolidação dos dados é padronizar todas as falhas e as tratativas, com ações efetivas, evitando assim reincidências, promovendo estabilização e a melhoria contínua dos processos de teste e de gestão, para assim poder manter os resultados esperados que, é um dos aspectos mais importantes. Através dessa gestão de não conformidades, tem-se a eliminação dos desvios dos processos a fim de manter os resultados estáveis e previsíveis.

4.1.1 Monitoramento das Falhas

Após o registro das falhas e sua consolidação em uma planilha de controle durante o período de 6 meses, foi verificado o cadastro de 37 falhas. Essas falhas são monitoradas pela equipe de planejamento, e semanalmente enviadas em um relatório de acompanhamento do andamento das falhas, das novas falhas que são abertas, e do indicador de desempenho.

Segue abaixo na Figura 25, o relatório de pendência das falhas.

Data de Atualização IFTF RELATÓRIO DE PENDÊNCIAS DE ANALISE DE FALHAS (ANF) 20/09/2017 76,0% % DE EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DAS ANFS RESPONSÁ... STATUS -T RESPONSÁVEL ▼ B. Dornelas ■ Em Andamento ■ Em Verificação ■ Encerrado ■ Pendente B. Valentim Máx de EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO B. Vieira C. Jobim 100% D. Miranda E. Guaitolini 75% F. Negri F. Querino G. Conceição H. Lemos H. Pedrini M. Mafra M. Pagum P. Penna NÚMERO DA ANF ▼ R. Nascimento R. Steimback STATUS DA ANFs R. Tottola RESPONSÁVEL ▼ RESPONSÁVEL ▼ S. Mauro Contagem de NÚMERO DA ANF Contagem de EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO V. Falchetto W. Rui STATUS... →▼ STATUS ■ Em Verificação ■ Fechado Pendente **EVOLUÇÃO MÊS DO IETF** Máx de META Máx de ITEF 60 67 62 20 Mai-2017 Jul-2017 Abr-2017 Jun-2017 Ago-2017 Set-2017 Data →▼

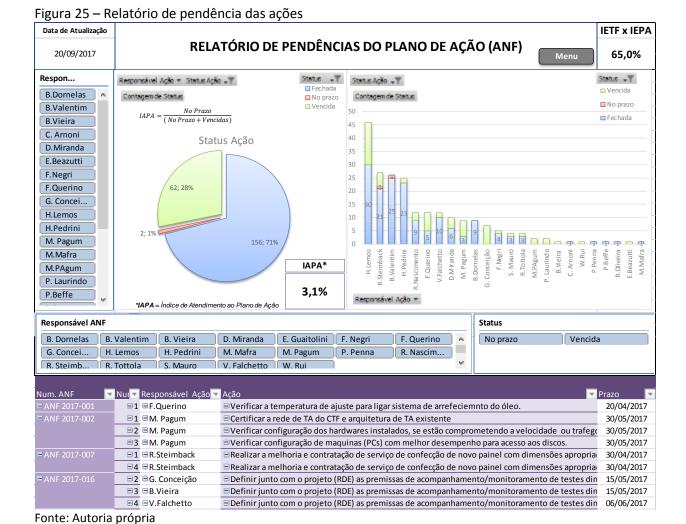
Figura 25 – Relatório de pendência das falhas

Fonte: Autoria própria

Nesse relatório apresentado na Figura 25 é possível acompanhar o andamento de todas as falhas cadastras. Na primeira parte, é observado a porcentagem de execução do plano de ação, que montra todos os *status* que se encontram as falhas cadastradas. Na segunda parte é apresentado os quantitativos de falhas que se encontram em aberto e fechado, e dos *status* de evolução. Na terceira parte é apresentada a evolução mensal do indicador IETF. No canto esquerdo do relatório existe um filtro, nomeado por responsável que pode fazer um acompanhamento individual.

4.1.2 Monitoramento das Ações

Para controle e monitoramento do cumprimento das ações foi elaborado também um relatório de cobrança para as ações, onde se pode verificar a porcentagem das ações por status, o quantitativo de ações por status, a possibilidade de filtrar as ações por nome do responsável, verificar as ações que estão vencidas ou próximas do vencimento para melhor gestão e acompanhamento, o andamento do indicador IAPA, e a inter-relação entre os dois indicadores, obtendo assim a porcentagem de atingimentos de ambos e verificando o andamento tanto da análise de falhas quanto do tratamento da mesma. Segue abaixo na Figura 25, o relatório de pendências do plano de ação.



4.3 ESTRATIFICAÇÃO

Nesse tópico será apresentado as estratificações realizadas através do Diagrama de Pareto, referente às falhas cadastradas, para auxílio na decisão de quais os requisitos, tipos de perda, tipos de falha, e equipamentos que devem-se dar mais atenção, para priorização e criação de um plano de ação mais efetivo, evitando assim sua reincidência.

Segue abaixo no Gráfico 5, a estratificação realizada dos requisitos para análise:

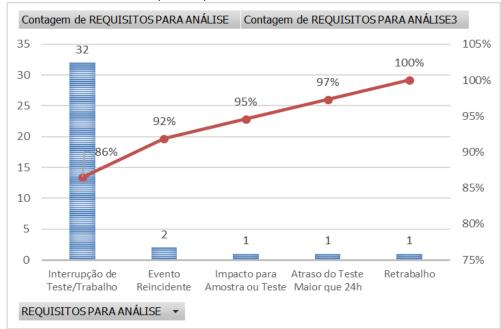
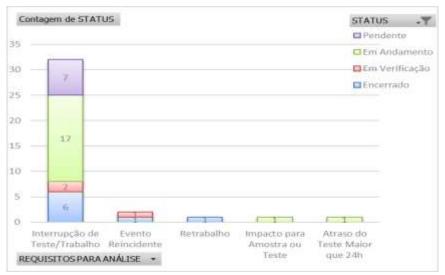


Gráfico 5 – Pareto dos requisitos para análise

Fonte: Autoria própria

Pode ser observado no Gráfico 5, através da estratificação dos requisitos para análise de falhas, que o fator que deve ser priorizado para tratativa, é o de Interrupção de teste/trabalho. Pois apresentou 86% de todas as incidências abertas de falhas.

Esse tipo de requisito dentre os outros, causa um impacto maior no processo de teste, pois ocasiona o atraso da realização dos mesmos, impactando diretamente em todo planejamento do processo de teste e na entrega do resultado, onde se tem um prazo definido.



É verificado que dos 86% dos requisitos para análise estratificados no Gráfico 5, tem-se 6 análises de falhas encerradas, sem reincidência, 2 em verificação, 17 em andamento e 7 pendentes de análise, representados através do Gráfico 6.

Para melhor desempenho da ferramenta de Análise de Falhas, e do processo, deve-se focar e ter um maior empenho em tratar as falhas que estão pendentes e em andamento, que totalizam 24 falhas, para que assim não haja reincidências de falhas semelhantes.

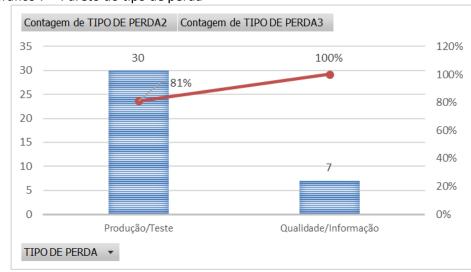
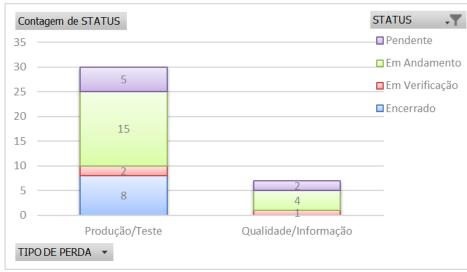


Gráfico 7 – Pareto do tipo de perda

Fonte: Autoria própria

Pode ser observado no Gráfico 7, através da estratificação dos tipos de perda, que o fator que deve ser priorizado para tratativa, é o de Produção/Teste. Pois apresentou 81% de todas as reincidências abertas de falhas.

Gráfico 8 - Status dos tipos de perda



É verificado que dos 81% dos tipos de perda estratificados no Gráfico 7, tem-se 8 análises de falhas encerradas, sem reincidência, 2 em verificação, 15 em andamento e 5 pendentes de análise, representados através do Gráfico 8.

Para melhor desempenho da ferramenta de Análise de Falhas, e do processo, deve-se focar e ter um maior empenho em tratar as falhas que estão pendentes e em andamento, que totalizam 20 falhas, para que assim não haja reincidências de falhas semelhantes.

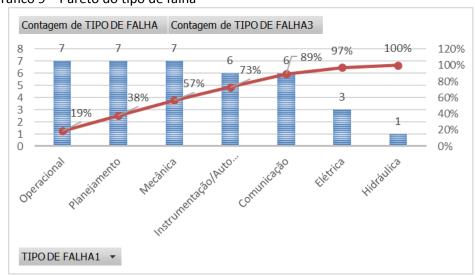
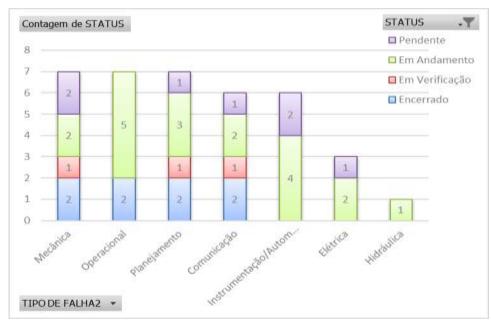


Gráfico 9 – Pareto do tipo de falha

Fonte: Autoria própria

Pode ser observado no Gráfico 9, através da estratificação dos tipos de falha, que os fatores que devem ser priorizados para tratativa, são os de falha Operacional e de planejamento. Pois apresentaram 38% de todas as reincidências abertas de falhas.

Gráfico 10 - Status dos tipos de falha



É verificado que dos 89% dos tipos de falha estratificados no Gráfico 9, tem-se 8 análises de falhas encerradas, sem reincidência, 3 em verificação, 16 em andamento e 6 pendentes de análise, representados através do Gráfico 10.

Para melhor desempenho da ferramenta de Análise de Falhas, e do processo, deve-se focar e ter um maior empenho em tratar as falhas que estão pendentes e em andamento, que totalizam 22 falhas, para que assim não haja reincidências de falhas semelhantes.

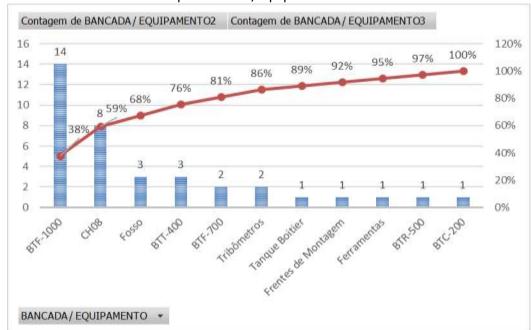


Gráfico 11 – Pareto das falhas por bancada/equipamento

Fonte: Autoria própria

Pode ser observado no Gráfico 11, através da estratificação das falhas ocorridas nas bancadas/equipamentos, que a que deve ser priorizada para tratativa, é a BTF-1000.

Tabela Status

□ Pendente
□ Em Andamento
□ Em Verificação
□ Encerrado

□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Encerrado
□ Ence

Gráfico 12 – Status das falhas por bancada/equipamento

Fonte: Autoria própria

É verificado que dos 81% das falhas em bancadas/equipamentos estratificados no Gráfico 11, tem-se 6 análises de falhas encerradas, sem reincidência, 3 em verificação, 17 em andamento e 4 pendentes de análise, representado através do Gráfico 12.

Para melhor desempenho da ferramenta de Análise de Falhas, e do processo, deve-se focar e ter um maior empenho em tratar as falhas que estão pendentes e em andamento, que totalizam 21 falhas, para que assim não haja reincidências de falhas semelhantes.

Após os resultados obtidos através estratificação, pode-se verificar quais os fatores que estão causando maior impacto no processo de teste.

A estratificação proporcionou a identificação dos requisitos, tipo de falha, tipo de perda e bancada/equipamento mais problemáticos, onde se é possível concentrar mais esforços para solução dos problemas com maior impacto para o processo, evitando gastar tempo e recurso em problemas colaterais.

Para uma melhor tratativa deve ser feito o levantamento e estudo de todas essas falhas abertas, que ainda continuam pendentes e em andamento, focar esforços em criar um plano de ação mais efetivo para tratativas dessas maiores causas de ocorrências, fazer reuniões semanais, para verificar se as ações estão sendo feitas e estão sendo efetivas, e fazer um acompanhamento durante um certo período, para verificar se haverá reincidências dessas falhas crônicas.

Após essas falhas serem fechadas, deve-se fazer uma nova estratificação para verificar se os fatores que estão impactando o processo de teste, continuam os mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto neste trabalho, é de suma importância que as empresas busquem sempre estar alinhadas com as transformações constantes do mercado, estando sempre um passo à frente da concorrência, através de buscas constantes por inovação de seus produtos ou serviços prestados, e, oferecendo sempre um produto com alta qualidade.

Verificou-se que durante o processo de teste, ocorriam falhas recorrentes, porém essas falhas não eram evidenciadas, visualizadas e tratadas, então foi apresentado uma proposta de implantação da ferramenta de Análise de Falhas para a gerência, e com a aprovação se iniciou o processo de implantação.

Durante esse processo de implantação, foi criado um procedimento padrão para estabelecer diretrizes de instrução de abertura e tratamento das falhas, foi feito o treinamento dos colaboradores para melhor capacitação para utilizar a ferramenta, e foram definidas as responsabilidades de cada coordenação.

Através da implantação da ferramenta de Análise de Falhas, pode-se verificar, qualificar e quantificar as falhas que apareciam no processo, podendo resolvê-las de maneira mais assertiva.

A ferramenta de Análise de Falhas trouxe mais eficiência, disponibilidade e confiabilidade no processo de teste, além de ser uma ferramenta que não gera custo para sua implantação, sendo viável para empresa.

Dessa forma, foi possível alcançar todos os objetivos definidos, com o auxílio das Ferramentas de Qualidade, através da sua aplicação, foi possível identificar as causas das falhas (Diagrama de *Ishikawa*), e obter sugestões de melhorias (*Brainstorming*), identificar em que momento do processo as falhas aconteciam, registrar as falhas de forma padronizada (*Checklist*), identificar as causas raízes (Método dos 5 Porquês), definir um fluxo padrão de registro e tratamento das falhas (Fluxograma), fazer gestão e acompanhar o andamento e evolução do tratamento das falhas (Indicadores de desempenho), e realizar uma estratificação de modo a identificar e priorizar as falhas que mais impactam o processo de teste (Diagrama de Pareto).

Através da estratificação, foi possível identificar que o requisito que mais impacta no processo é a interrupção de teste, o tipo que gera mais perda é o de produção/teste, os tipos de falhas que mais se ocasionam são operacionais e de planejamento, e a bancada que mais tem reincidência de falhas é a BTF-1000. Após a estratificação feita, devem ser gerados planos de ação para tratativa dessas falhas que causam mais impacto no processo de teste, de forma a eliminar e reduzir a recorrência dessas falhas.

Pode-se observar que se teve mais ganho e aprimoramento nos processos, aumento de produtividade, colaboradores mais engajados e com conhecimento do processo, e com a capacitação das equipes, pode-se obter a diminuição da margem de erros nos processos.

Para os projetos futuros, sugere-se o aprimoramento e implantação da ferramenta em outros setores da empresa, sendo uma delas de suma importância, que é a de fabricação dos tubos, onde se tem uma margem de falhas menor, pois são falhas que conseguem ser mensuradas, porém essas falhas são de maiores impactos financeiros.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho:** o caso de uma empresa de autopeças. 2006. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-23042007-091901/en.php>. Acesso em: 10. set. 2017.

ARAUJO, L. C. G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BARROS, A. J. S; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica.** 2. ed. São Paulo: Pearson Education no Brasil, 2000.

CAMPOS, V. F. **TQC Controle da qualidade total (no estilo japonês).** 8 ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CAMPOS, V. F. **TQC**: controle da qualidade total (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima: Editora FALCONI, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. Gestão da Qualidade, Conceitos e Técnicas. São Paulo: Atlas S.A., 2010.

CARPINETTI, L. C. R. Gestão da qualidade: conceitos e técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARVALHO, M. M; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade:** teoria e casos. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: Abepro, 2012.

CERQUEIRA NETO, E. P. **Gestão Da Qualidade**: princípios e métodos. São Paulo, Pioneira, 1991.

COELHO, A. C. Estudo da eficiência do método de análise de anomalias através do índice de qualidade do processo de laminação. 2016, 58f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Instituto de Ciência Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016. Disponível em: < http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/110>. Acesso em: 10. mai. 2017.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações:** Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012.

D'ASCENSÃO, L. C. M. Organização, sistemas e métodos: análise, redesenho e informatização de processos administrativos. São Paulo: Atlas, 2001.

DEMING, W. E. **Dr. Deming:** o americano que ensinou a qualidade total aos japoneses. Rio de Janeiro: Record, 1993.

DEPONTI, C. M. Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local. 2002. 155f. Monografia (Especialização em Desenvolvimento Rural e Agroecologia) — Programa de Pós Graduação em Economia Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002. Disponível em: <

http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/mono_Cidonea_Machado.pdf>. Acesso em: 15. mai. 2017.

DUARTE, A. M. P. Implantação da metodologia manutenção centrada em confiabilidade em um grupo de produção de misturas negras. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2011. Disponível em: < http://www.bdtd.unitau.br/tedesimplificado/tde_arquivos/5/TDE-2012-09-12T133043Z-205/Publico/Antonio%20Marcos%20de%20Paiva%20Duarte.pdf>. Acesso em: 10. set. 2017.

FILHO, G. V. Gestão da Qualidade Total – uma abordagem em prática. 1 ed. Campinas: Alínea, 2003.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZALEZ, R. V. D. Análise exploratória da prática da melhoria contínua em empresas fornecedoras do setor automobilístico e de bens de capital certificadas pela norma ISSO 9001:2000. 2006. 213f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em:http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/DissRodrigo%20Valio.pdf>. Acesso em: 05. ago. 2017.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

KUME, H. Métodos Estatísticos para melhoria da qualidade. São Paulo: Gente, 1993.

JURAN, J. M. Juran planejando para a qualidade. São Paulo: Pioneira, 1992.

LINS, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade:** Ciência da Informação, Brasília, v.22, n. 2, p. 153-161,1993. Disponível em:

http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/viewPDFInterstitial/1190/833. Acesso em: 13. mai. 2017.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade:** As 7 ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas, Jit, Kaisen, Housekeeping, Kanban, FMEA, PPAP, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2010.

LUCINDA, M. A. **Qualidade: fundamentos e práticas para cursos de graduação.** Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MARSHALL JUNIOR, I. et. al. **Gestão da qualidade.** Rio de Janeiro: FGV, 2010.

MARSHALL JUNIOR, I. et. al. Gestão da qualidade e processos. Rio de Janeiro: FGV, 2012.

MEIRA, R. C. As ferramentas para a melhoria da qualidade. 2 ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2003.

MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar observar e analisar problemas. v. 2. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MESQUITA, M.; ALLIPRANDINI, D. H. Competências essenciais para melhoria contínua na produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. Gestão & Produção, São Carlos, v. 10, n. 1, p.

17-33, abr 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n1/a03v10n1.pdf>. Acesso em: 04. mai. 2017.

MIRSHAWKA, V. Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. New York: John Wiley, 1985.

NETTO, W. A. C. A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias. 2008. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2010/05/Wady-UFJF-Engenharia-Monografia.pdf>. Acesso em: 20. abr. 2017.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, R. N. A. Marca própria. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.

PALADINI, E. P. **Gestão Estratégica da Qualidade:** princípios, métodos e processos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção: Teoria e prática.** Rio de Janeiro: Editora ciência Moderna Ltda. 2009.

RODRIGUES, M. V. Ações para a Qualidade. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010.

SASHKIN, M; KISER, K.J. **Gestão da qualidade total na prática:** o que é TQM, como usá-la e como sustentá-la a longo prazo. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

SCHMENNER, Roger W. Administração de operações em serviços. São Paulo: Futura, 1999.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. 4ª. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002.

TOLEDO, J.C. Qualidade Industrial: Conceitos, Sistemas e Estratégias. São Paulo: Atlas, 1987.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade:** como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva:** o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas da qualidade no gerenciamento de Processos.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.

WERKEMA, M. C. C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

	_	ANALISE DE FALHAS						Número: Data Abertura:		
	R	REGISTRO E TRATAMENTO DE FALHAS Prioridade					idade:			
DEFINIÇÃO DA FALHA										
Título da F	alha	Projeto	Área A	Afetada	Bar	ncada / Equi	pamento	Nº da N	IC D	ata do Evento
			Requi	isitos para	Anális	ie				
○ Risco de H			vento Reinciden	-	C	Interrupção				
○ Perda de A	mostra ou Teste	Он	Retrabalho	~		Atraso do T	este Maior d	jue 24h	○ Outro	95
			DESC	RIÇÃO DA	FAL	HA				
Descrição da falha										
Por que isto é uma fa	lha?									
Em que momento a fa	alha foi detecta	da?								
É a primeira vez que	ocorre? Com q	ue frequênci	a ocorre?							
Esta falha tem impac	to em outras áre	eas?								
							_			
Medidas Imediata	s						Respor	nsáveis		
Tipo de Perda:	○ HSE/	Meio Ambien	te C Produção/	Teste 💿 M	aterial	0,	A mostra	C Qu	alidade/Info	orm ação
		R	AZÕES PARA	OCORRÉ	NCIA	DA FALHA	4			
Responsável	pela Análise:									
Noi	mo			ipantes da	Análi	se		Λε	einatura	
NOI	ine		Função			Assinatura				
Brainstormin	g				Análi	se dos 5 Po	rquês			
Causas Prováv	reis	1º Por Que?	2º Po	r Que?		3º Por Que?	Que? 4º Por Que? 5º P		5º Por Que?	
C Instrumentação/Au	-	eracional	Elétrica	Tipo de Fal anejamento/			ecánica	Engenharia/i		○ Hidráulica
	(O)	e-actorial		ANO DE A		uayau	V	germana/i	Tojeto	
Causa Raiz			Ações		φ <i>-</i> -Ο	Respoi	nsável	Pra	izo	Status
										4
										•
					~					
										~
										-
	<u> </u>		/ALIDAÇÃO D	AS AÇÕE	s co	RRETIVA <u>S</u>				
A falha voltou a	ocorrer?					da Ação Cori			Data	a de Fechamento
○ SIM	® NÄO									