

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

VLADEMIR CAETANO FERREIRA ALVES

Impacto do retrabalho na produção de tanques plásticos de combustível fornecidos a
montadoras de automóveis

SÃO CARLOS
2015

VLADEMIR CAETANO FERREIRA ALVES

Impacto do retrabalho na produção e qualidade de tanques plásticos de combustível fornecidos a montadoras de automóveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obter o grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Roger Rodrigues

SÃO CARLOS
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

A474i Alves, Vlademir Caetano Ferreira
Impacto do retrabalho na produção e qualidade de
tanques plásticos de combustível fornecidos a
montadoras de automóveis / Vlademir Caetano Ferreira
Alves; orientador Alessandro Roger Rodrigues. São
Carlos, 2015.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2015.

1. Retrabalho. 2. Tanques plásticos de combustível.
3. Operações repetidas. I. Título.

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Candidato: Vlademir Caetano Ferreira Alves

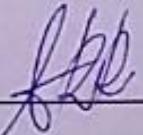
Título: Impacto do Retrabalho na Produção de Tanques Plásticos de Combustível Fornecidos a Montadoras de Automóveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo
Curso de Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

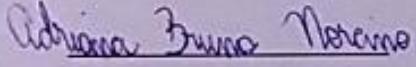
Prof. Dr. Alessandro Roger Rodrigues (Orientador)

Nota atribuída: 9,0 (Nove)


(assinatura)

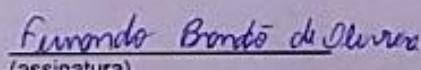
Profa. MSc. Adriana Bruno Norcino

Nota atribuída: 9,0 (Nove)


(assinatura)

Prof. MSc. Fernando Brandão de Oliveira

Nota atribuída: 9,0 (Nove)


(assinatura)

Média: 9,0 (Nove)

Resultado: Aprovado

Data: 01/12/2015

Este trabalho tem condições de ser hospedado no Portal Digital da Biblioteca da EESC

SIM NÃO Visto do orientador


(assinatura)

DEDICATÓRIA

À minha família, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho e apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Kautex do Brasil, por permitir acesso aos registros de produção.

Aos departamentos da Qualidade, Engenharia, Produção, Compras e Recursos Humanos da empresa Kautex e seus colaboradores pelas informações fornecidas.

Aos colaboradores da Kautex Fabrício Silva, Paulo Goetz e Amarildo Leite pelas correções a pré-avaliações do trabalho.

Ao Prof. Dr. Alessandro Roger Rodrigues pela dedicação em orientar-me durante a execução deste trabalho.

Aos doutorandos Adriana Bruno Norcino e Fernando Brandão de Oliveira pela correção e apontamentos de melhorias durante a defesa do trabalho.

RESUMO

ALVES, V. C. F. Impacto do retrabalho na produção e qualidade de tanques plásticos de combustível fornecidos a montadoras de automóveis. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

Dada a crescente competitividade do mercado automotivo, verifica-se a tendência das montadoras em exigir melhorias contínuas de seus fornecedores principalmente quanto ao processo de fabricação e qualidade de seus produtos. Neste cenário, o trabalho propõe a avaliação do processo de produção de tanques plásticos de combustível fornecidos a montadoras de automóveis com ênfase na análise de processos de retrabalho. Os objetivos específicos seguem a lógica de análise do problema para propor ações corretivas, tem início com o entendimento detalhado da linha de produção dos tanques, verificação da eficácia do sistema que classifica os dados de operações retrabalhadas, elaboração de novo método de análise dos dados de produção quanto a retrabalhos em linha e, finalmente, análise e montagem do plano de ações corretivas baseando-se nas principais tendências de falhas potenciais. A metodologia baseou-se inicialmente na análise de dados de retrabalhos discriminados pelo software da empresa, então criou-se métodos de análise do registro detalhado de operações retrabalhadas para uma refinada discriminação. Assim, pode-se quantitativamente verificar as principais operações de retrabalho e, em conjunto com colaboradores da empresa, iniciar o plano de ações corretivas para os potenciais problemas identificados. Pelas análises verificou-se um desvio considerável na discriminação dos dados realizada pelo software em relação ao método desenvolvido, o qual se mostrou mais eficaz e detalhado quanto aos resultados apresentados. Verificou-se, assim, que embora o impacto total de retrabalho não seja considerável quanto ao volume de produção gerado, mostra-se como uma ferramenta eficiente na identificação de falhas potenciais sendo bases para elaboração de ações corretivas de operações críticas.

Palavras-chave: Retrabalho, tanques plásticos de combustível, operações repetidas

ABSTRACT

ALVES, V. C. F. Rework impact on production and quality of plastic fuel tanks supplied to car manufacturers. Monograph (Work Completion of course) - School of Engineering of São Carlos - University of São Paulo, São Carlos, 2015.

In this increasingly competitive automotive market, there is the tendency of car manufacturers to require continuous improvement of its suppliers mainly in the manufacturing process and quality of its products. In this scenario, the paper proposes the evaluation of the plastic fuel tank production process supplied to car manufacturers with emphasis on the analysis of rework processes. The specific objectives follow the problem analysis logic to propose the corrective action. It starts with a detailed understanding of the production line of the tanks, system efficiency check that classifies data reworked operations, development of new analytical method of data production aiming rework in the line production, and, finally, preparation of the corrective action plan based on the major trends of potential failures. The initial methodology was based on the analysis of rework data broken down by the company's software, then it was created an analysis methods of the detailed record of reworked operations aiming a refined discrimination. Thus, it was possible to quantitatively determine the main rework operations and, together with company employees, initiate corrective action plan for potential problems identified. The software analysis differs considerable of the breakdown of the data methodology that has been developed, which was more effective and detailed considering the results achieved. It has been concluded, therefore, that although the overall rework impact is not expressive I comparison with the production volume, it is an efficient tool to identify potential process and product failures and it is a platform for development of corrective actions of critical operations.

Keywords: Rework, plastic fuel tanks, repeated operations

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAQ	“Computer-Aided Quality”, Qualidade Auxiliada por Computador é um software modular de registro digital de operações e testes realizados durante a linha de montagem dos tanques de combustível das plantas da Kautex ao redor do globo.
Poka-Yoke	é um dispositivo a prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação.
Red habbit	também chamada de “padrão negativo” ou “peça vermelha” é uma peça propositalmente defeituosa que verifica a eficácia do Poka-Yoke na detecção de peças não conformes.
Pump Torque	é o nome registrado no CAQ para o valor quantitativo referente ao torque aplicado na vedação da bomba ao tanque.
Resistance (empty)	é o teste que verifica quantitativamente o posicionamento da haste da bomba na posição que simula o tanque sem combustível.
Resistance (full)	é o teste que verifica quantitativamente o posicionamento da haste da bomba na posição que simula o tanque cheio de combustível.
Leak Testing	é o teste que verifica se há vazamentos no tanque após montagem da bomba.
Try-out	nome dado ao evento em que um produto em desenvolvimento ou em processo de validação de mudanças (matéria prima por exemplo) é manufaturado. As peças desse evento em geral não são vendáveis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.2	JUSTIFICATIVAS	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	CAQ (COMPUTER-AIDED QUALITY)	15
2.2	QUALIDADE	15
2.2.1	<i>Indicadores da Qualidade</i>	15
2.2.2	<i>Custos da Qualidade</i>	18
2.2.3	<i>Retrabalho</i>	19
2.3	KAUTEX	20
2.3.1	<i>História da Kautex Global</i>	20
2.3.2	<i>História da Kautex Brasil</i>	21
2.4	SISTEMA KAUTEX.....	23
2.4.1	<i>Definições</i>	23
2.4.2	<i>Procedimentos</i>	25
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO	28
3.1.1	<i>Sopradora, Conformador e Buffer</i>	28
3.1.2	<i>Acabadora</i>	33
3.1.3	<i>Montagem da Bomba</i>	35
3.1.4	<i>Estanqueidade</i>	39
3.1.5	<i>Firewall</i>	41
3.2	FILTRAGEM DOS DADOS NO CAQ.....	42
3.2.1	<i>Limitações do CAQ</i>	44
3.3	CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS NÃO CONFORMES (NOK).....	47
3.3.1	<i>Identificação de peças NOK na linha de produção</i>	47
3.3.2	<i>Identificação de peças NOK via análise de dados</i>	48
3.4	CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS RETRABALHADAS.....	50
3.4.1	<i>Peças retrabalhadas (com bloqueio de peça)</i>	51
3.4.2	<i>Peças retrabalhadas (sem bloqueio de peça) – “operações repetidas”</i>	53
4	RESULTADOS	54
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES INTERCEPTADOS	54
4.2	IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES RETRABALHADOS (COM BLOQUEIO DA PEÇA) – 9% DOS RETRABALHOS.....	55
4.3	IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES RETRABALHADOS (SEM BLOQUEIO DA PEÇA) – OPERAÇÕES REPETIDAS	57
4.3.1	<i>Operação repetida de torque (montagem da bomba)</i>	58
4.3.2	<i>Operação repetida de teste de cheio (teste da bomba)</i>	59
4.3.3	<i>Operação repetida de teste de vazio (teste da bomba)</i>	61
4.3.4	<i>Operação repetida de teste de estanqueidade</i>	63
4.4	EFICÁCIA DO CAQ	64
4.5	PLANO DE AÇÃO	66
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6	REFERÊNCIAS	69
7	ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

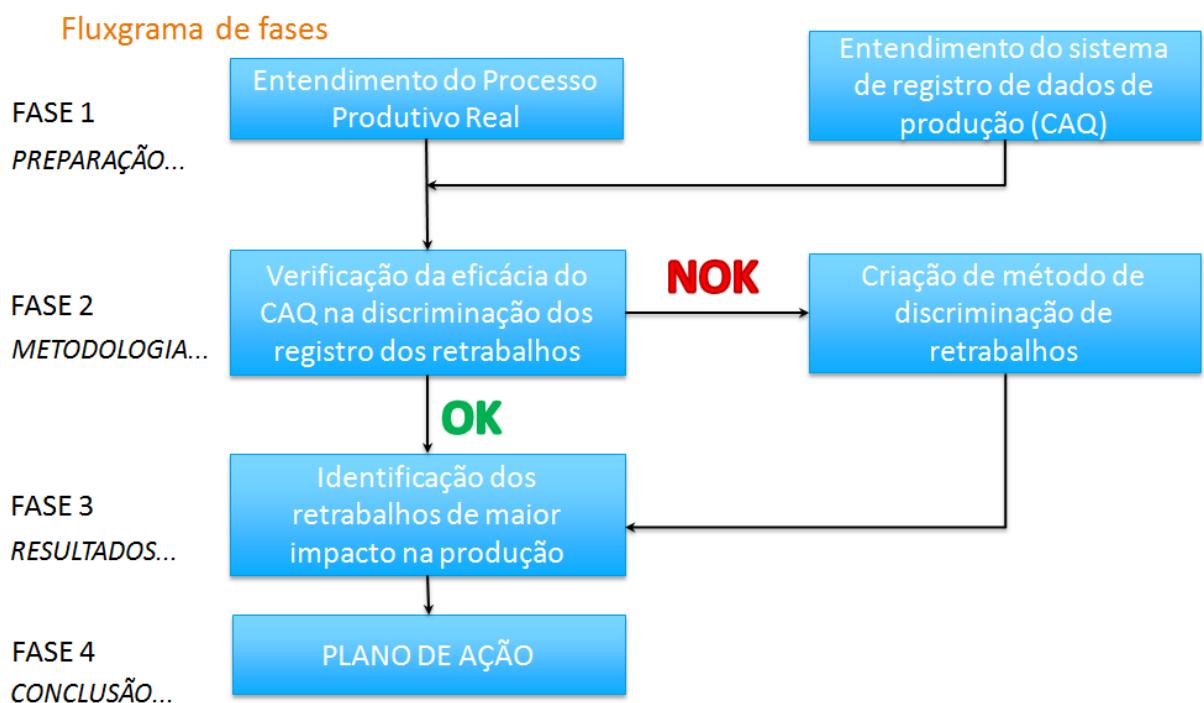
A análise da produção de um produto envolve uma gama de fatores de impacto direto ou indireto na efetividade das operações necessárias para a manufatura completa do mesmo, assim como na repetitividade da operação e análise do tempo de produção. Muitos setores industriais investem considerável capital em recurso e ferramentas que tenham o potencial de analisar realisticamente e efetivamente seu processo produtivo almejando a melhoria continua dos processos e consequentemente da confiabilidade do método produtivo e do produto formado.

No setor automobilístico verifica-se uma crescente concorrência entre as montadoras que buscam suas melhorias não apenas assegurando seu processo de montagem, como também através de análises e auditorias de seus fornecedores e por vezes até dos seus sub fornecedores. Nesta onda crescente pela melhoria contínua, uma análise apurada do desempenho do processo produtivo mostra-se como caminho mais eficaz na busca de melhoria contínua, a fim de iniciar as ações pelos caminhos mais críticos e de maior impacto na produção.

O grupo Kautex utiliza a ferramenta de apoio ao monitoramento da produção denominada CAQ (Computer-Aided Quality ou Qualidade Auxiliada pelo Computador) que é um software modular de registro digital de operações e testes realizados durante a linha de montagem dos tanques de combustível das plantas da Kautex ao redor do globo. Apesar de sua ampla utilização nas mais diversas plantas do grupo, seu potencial de utilização na planta de desenvolvimento do Brasil é ainda pouco explorado quanto a discriminação dos dados coletados e sua utilização almejando o chamado “Zero Fault strategy” ou estratégia de Falha Zero.

1.1 Objetivos

Segundo a análise de dados da produção do tanque Toyota do mês de Outubro de 2015 fabricados na empresa Kautex do Brasil situada em Guararema, pode-se destacar os objetivos específicos nos blocos do fluxograma a seguir que mostra as fases do projeto:



Fonte: próprio autor

Na fase 1 objetiva-se entender o processo produtivo do tanque Toyota na prática, ou seja, a maneira como é produzido desde a máquina sopradora à inspeção final do tanque montado. Ainda nesta fase, deve-se entender como funciona o registro de dados de operações via CAQ.

Durante a fase 2, uma verificação da eficácia na discriminação dos dados do CAQ é realizada e se for efetiva (OK) pode-se seguir para a fase 3, porém se for ineficaz deve-se propor um método de discriminação para ser utilizado em conjunto com os dados coletado via CAQ.

Estando os dados de retrabalhos discriminados, deve-se discriminar os retrabalhos de maior impacto na produção. Este objetivo faz parte da fase 4 em que os resultados são apresentados.

Finalmente, na fase 4, utilizando o que foi apontado como retrabalho crítico na fase 3, pode-se propor ações de investigação das causas potenciais dos retrabalhos citados.

1.2 Justificativas

O grupo Kautex tem como objetivo realizar melhorias no processo e avançar em direção ao chamado “Zero Fault strategy” ou estratégia de Falha Zero. Para atingir tal meta mostra-se necessária uma realística análise do processo produtivo a fim de gerar planos de ações para operações verdadeiramente críticas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAQ (Computer-Aided Quality)

O chamado “Business CAQ” (Quality Computer-Aided) é um software modular que conecta todas as plantas do grupo Kautex presentes no mundo. Com este sistema , é possível coletar informações em um banco de dados compartilhado e avaliá-los em tempo real. Tem-se, portanto, o potencial de desenvolver padrões de qualidade eficientes e alinhar o processo de planejamento, bem como a análise de processos entre todas as plantas do grupo.

As informações geradas pelo *Business CAQ* é então avaliada e usada para desenvolver soluções de processos, as quais são fornecidas a todas as plantas através de uma base de dados comum . Isso mantém os funcionários atualizados com as mais recentes soluções.

As experiências e soluções de processos de negócios que são coletadas com o CAQ ajuda a empresa a realizar a estratégia de Falha Zero e reduzir custos. (BUSINESS CAQ, 2015)

2.2 QUALIDADE

2.2.1 Indicadores da Qualidade

No mundo atual, a qualidade é um investimento e um fator determinante para a sobrevivência das organizações. Adequar-se às formas de gestão de cada organização, tendo em vista a satisfação das necessidades dos clientes, mais do que um desafio é uma condição essencial a essa sobrevivência. Neste contexto da qualidade, conhecer e medir o desempenho dos serviços e das organizações assume um papel fundamental como resposta à necessidade de relacionar

custos/benefícios e aferir o grau de satisfação dos seus clientes (PAIXÃO et al., 2005).

Cabe ressaltar, que de acordo com a ISO/TS 16949 (ABNT, 2002), que é uma especificação técnica, somente aplicada às organizações que produzem automóveis e peças automotivas, os indicadores de desempenho devem ser baseados no desempenho dos fornecedores tanto no programa de entrega quanto na qualidade da peça como um todo, sendo que, a organização deve monitorar de forma continua o desempenho dos processos de manufatura para demonstrar o atendimento com os requisitos do cliente para a qualidade do produto e eficiência do processo.

Segundo Takashina et al. (1997) as características da qualidade, podem ser classificadas em: primária, secundária e adicionais. A característica primária está associada à finalidade do produto ou serviço; a secundária é um diferenciador em relação a outros produtos com desempenho similar e as características adicionais compreendem a qualidade intrínseca, a entrega e o custo. A combinação coerente de tais características faz com que o cliente opte por um determinado produto ou serviço. Partindo de tal definição, Durski (2003) apresenta os indicadores de qualidade, utilizados para avaliar o desempenho da cadeia produtiva e/ou de seus elos, divididos em três grupos, produto, processo e fornecedores, os quais abordam as três características abordadas por Takashina (1997): primária, secundária e adicional.

Primário: qualidade do produto: pode ser a qualidade do produto final, produzido pela cadeia, ou pelos produtos intermediários, produzidos nos diversos elos.

- Características específicas;
- Preço;
- Disponibilidade;
- Gastos com garantia oferecida;
- Número de produtos devolvidos por unidades vendidas;
- Avaliação dos consumidores e de revistas especializadas.

Secundário: qualidade do processo produtivo:

- Índice de defeitos no final do processo;
- Retrabalho em relação ao total produzido;
- Produtos rejeitados em relação ao total produzido;
- Dias de produção perdidos por interrupções não previstas.

Terciário: qualidade dos fornecedores:

- Taxa de qualidade do fornecedor (parâmetros a serem definidos de acordo com as características de cada fornecedor, nos diversos elos da cadeia).

Segundo Takashina et al. (1997), os indicadores de desempenho da qualidade necessitam ter:

- Um índice associado bem explícito e, se possível, simplificado;
- Uma freqüência de coleta;
- Uma designação dos responsáveis pela coleta dos dados;
- Uma divulgação ampla para a melhoria e não para a punição;
- Uma integração com quadros informativos ou com sistema de informação gerencial, quando eles existirem.

Segundo Martins e Neto (1998), é importante que os funcionários das empresas sejam treinados a interpretarem os índices dos indicadores e, dessa forma, saibam quais ações devem tomar em virtude dos resultados alcançados. Assim, evita-se que informações fiquem restritas ao nível gerencial. Uma forma de evitar que isso aconteça é utilizar meios que democratizem o acesso a tais informações, que podem ser alcançados com a utilização dos quadros informativos.

Todos os indicadores de qualidade, em seus níveis de abrangência, precisam ter padrões de comparação. Os padrões podem ser resultados de benchmarking ou metas da organização. Dessa forma estes podem ser utilizados pela organização para o controle e a melhoria, que pode ser tanto reativa quanto proativa. No primeiro caso os indicadores de desempenho sinalizam em que se deve

agir para restaurar uma causa especial crônica ou atingir um desempenho nunca antes atingido. Já no segundo caso os indicadores são utilizados como parte da informação necessária para propor ações que previnam problemas futuros ou atinjam desempenho acima daquele já alcançado pela organização (MARTINS et al. 1998).

Segundo Martins et al. (1998), uma ação de melhoria reativa ou proativa, feita com base na informação contida nos indicadores, tem grande chance de ser realizada para contribuir com o objetivo principal da organização.

2.2.2 Custos da Qualidade

Motivados pelas buscas de qualidade e custo reduzido, a gestão da qualidade vem sendo alvo de grande interesse por empresas que buscam não somente se destacar mas permanecer ativas no mercado. (Davis, 2005).

De acordo com Ramalho Cortês (2005), ao considerar a terminologia contábil, os termos que determinam as rejeições dos produtos são:

- **Refugo:** Um produto é refugado quando suas especificações não estão dentro dos parâmetros admissíveis. Os custos são acumulados até o momento em que se detecta o defeito. O produto pode ser vendido por baixo preço.
- **Unidade defeituosa:** Este produto poderá ser retrabalhado e vendido como peça normal ou defeituosa.
- **Desperdício:** É parte do material usado em um produto, que não pode ser retrabalhado ou vendido, como poeira, gases evaporados, etc. Quando se trata de materiais radioativos é necessário um custo adicional para seu tratamento ou acondicionamento.
- **Sobras:** São materiais retirados na fabricação de um produto que pode ser vendido como um subproduto de outra fábrica, como: limalhas, aparas, serragens, etc.
- **Reclamações:** As reclamações são feitas nos prazos de garantia de um produto. Os custos vão desde sua apresentação (transporte) até o pleno funcionamento do produto. Algumas empresas podem verificar que mesmo fora

da garantia, será necessário o seu reparo, uma vez detectado o erro de projeto ou montagem.

Em contrapartida, a fim de minimizar as ocorrências de rejeição ou mesmo tratá-las a fim de minimizar seus impactos pode-se considerar dois grupos que envolvem custos da qualidade: Custos do Controle da Qualidade que envolvem custos de prevenção e avaliação e Custos da Falha do Controle da Qualidade que envolvem custos de falhas internas, de recebimento de material defeituoso, de falhas externas e de material devolvido. (Ramalho Cortês, 2005)

2.2.3 Retrabalho

O retrabalho mostra-se como um problema corrente em diversos ramos de produção. Por definição, é um processo que potencialmente pode ser evitado e que é utilizado a fim de corrigir algum desvio de processo ou produto (First CeBASE eWorkshop, 2001 e Butler e Lipk, 2000). O retrabalho pode ter um impacto que pode atingir ou até mesmo exceder metade dos custos totais do projeto (Haley et al., 1995).

Em termos de impacto da ocorrência, Haley et al (1995) deduz que os custos de retrabalho potenciais podem subir drasticamente a medida que o produto se aproxima do final da fase de desenvolvimento. Assim, existe uma tendência focada em minimizar as ocorrências de retrabalho que um projeto potencialmente apresente, de acordo com King e Diaz (2002), através do aumento da frequência, formalidade e antecedência na detecção da potencial tendência de retrabalho. Tais medidas têm reduzido para menos de 10% dos custos do total de retrabalho em relação aos custos totais de projeto para certos casos.

Embora o retrabalho possa ser minimizado, entende-se que ele não pode ser eliminado por completo de um processo de produção. Além disso, nem todo retrabalho pode ser identificado exatamente no ponto de origem sendo identificado apenas em estágios posteriores. Logo, certa parcela de retrabalho, assim como retrabalhos de alto custos são inerentes ao projeto. (Cass et al, 2003).

2.3 KAUTEX

A Kautex é uma indústria multinacional, de origem alemã, pertencente ao grupo americano Textron. O grupo Textron é uma empresa de multi indústria, conhecida por suas poderosas marcas em aviação e indústria. Veja na figura 4 abaixo o logo das principais industrias do grupo.



Figura 4: Principais indústrias do grupo Textron

Fonte: documentação interna da empresa

2.3.1 História da Kautex Global

No ano de 1935, um jovem engenheiro alemão de 22 anos Reinold Hagem, começa sua carreira em uma empresa de galvanizados em Siegburg. Depois da II Guerra Mundial que destruiu esta empresa, o mesmo se vê obrigado a começar de novo em uma velha fábrica de cerâmica, situada na cidade de Bonn-Holzar.

A falta de material metálico e o desenvolvimento de novos materiais termoplásticos oferecem ao jovem e empreendedor empresário, a interessante oportunidade de produzir materiais como nova via de futuro. Foi um dos primeiros a descobrir as possibilidades de utilização seguindo ordem; que posteriormente consolidaram os pilares básicos para a origem e futuro desenvolvimento da Kautex-Werke, e a introdução no mercado mundial das indústrias especializadas em técnicas de plásticos.

No início dos anos 40, inventa-se um método de produção de peças oca e resistentes, tais como tambores, garrafas, depósitos etc. todos eles produzidos com materiais ecológicos como, por exemplo, o polietileno.

Nos anos 60, detecta-se uma forte pressão ambiental no mercado mundial, motivada pelo perigoso armazenamento de combustíveis/produtos químicos em recipientes oxidados efetuados como chapas de metal. Reinold Hagen, novamente, identifica uma melhor alternativa para este problema.

Os depósitos de Polietileno para armazenamento de combustíveis/produtos químicos têm demonstrado uma durabilidade superior a 40 anos de uso.

A implantação definitiva dos depósitos de combustível para indústrias do setor automobilístico se alcançou nos anos 70, com o primeiro desenvolvimento de produção em série para a empresa Volkswagen. Atualmente a Kautex Textron Grupo é uma holding com 26 empresas em 16 países (entre eles o Brasil), e tecnologia disponível mundialmente.

2.3.2 História da Kautex Brasil

A Kautex Textron Brasil foi fundada em dezembro de 1995 como subsidiária da empresa Kautex Ibérica (Espanha), uma das empresas da Kautex Textron Group, com o objetivo de suprir os seus clientes com produtos na América Latina, pois os mesmos também se instalaram na região, com produtos desenvolvidos em parceria com a empresa.

A finalização do prédio localizado na cidade de Guararema/SP foi em maio de 1996. O primeiro SOP (Início de Produção) foi executado em junho de 1996, com a produção de gargalos de combustível para a empresa Ford Company. Em julho de 1997, foi iniciada a produção do primeiro tanque de combustível, também para a Ford Company, sendo os mesmos utilizados pelo cliente no veículo Ford Courier. Em novembro de 1997 foi iniciada a produção de tanques para o cliente Volkswagen, utilizado no veículo Polo Classic, iniciando também as operações de montagem e seqüenciamento de tanques da unidade da Kautex Textron na Argentina (subsidiária da Kautex Textron Brasil), localizada em Buenos Aires.

Em dezembro de 1998, devido a futura demanda de tanques e dutos produzidos em co-extrusão (extrusão em várias camadas), a Kautex Textron Brasil finaliza sua ampliação da unidade de Guararema e com sucesso inicia a produção de tanques e dutos em várias camadas, o primeiro na América Latina.

Em fevereiro de 1999 é finalizada a construção da unidade da Kautex Curitiba, que como a subsidiária Argentina, monta e sequência os produtos para o cliente, em sua linha de produção (AUDI/VW). Em maio de 1999, a Kautex Textron do Brasil inicia a produção de dutos de ar confeccionados em material *Hytrel*, com tecnologia única na América Latina. Atualmente a empresa entrega a seus clientes peças com níveis de qualidade processos similares com a melhor tecnologia de ponta disponível.

A figura 5 abaixo, mostra as unidades Kautex no Brasil, as unidades estão em sua maioria operando dentro das montadoras.



Figura 5: Unidas da Kautex no Brasil

Fonte: documentação interna da empresa

A figura 6, mostra a planta em Guararema onde foi realizado o estudo deste trabalho. Vale ressaltar, que o desenvolvimento dos tanques assim como testes específicos de validação de novos produtos são, em sua maioria, realizados na planta de Guararema “*Head Quarter*”, que é considerada uma planta de desenvolvimento de produto e não está nas dependências de nenhuma montadora.



Figura 6: Kautex, planta em Guararema – SP.

Fonte: documentação interna da empresa

2.4 SISTEMA KAUTEX

O objetivo desta seção é mostrar o sistema Kautex que afetará diretamente na coleta de dados e posterior análise dos resultados deste presente trabalho. Para este fim, o foco será no documento interno da empresa “AA-7.5-BBr-02-port-04”, o qual fornece as diretrizes para segregação, retrabalho e reinspeção de peças não conformes. Veja o detalhamento do documento citado nas seções a seguir:

2.4.1 Definições segundo documentação interna da empresa

A seguir são apresentadas as definições de produto em não conformidade, suspeito, segregação e contenção, retrabalho e reparo a vista do regulamento interno da Kautex.

- **Produto em não-conformidade:** Produto (Matéria prima, componente, produto acabado) que foi verificado como não conforme em relação as especificações do cliente ou requisitos internos. Produtos que precisam de análise/investigação de causa raiz, estes devem ser identificados com etiqueta vermelha preenchida corretamente e segregada na área de quarentena ou no rack vermelho ou amarelo.

- **Produto Suspeito:** Produto usado na produção (Matéria prima, componente, WIP, produto acabado) que pode ser potencialmente não conforme em relação as especificações do cliente ou requisitos internos, exemplo: qualquer produto sem um esclarecimento final sobre seu status por pessoa autorizada (produto não identificado (não localizado em processo normal), produtos pendentes de inspeção ou teste, produtos que caíram, embalagem danificada, etc.)
- **Segregação e contenção:** Produto suspeito deve ser protegido do uso não intencional. Deve ser segregado dentro de uma área especial, ou pallet(s), ou caixas(s), etc. Identificados com etiqueta vermelha ou amarela com acesso restrito somente a pessoas autorizadas para decisão de uso futuro. Para atividades de controle e documentação (rastreamento, ponto de corte, seleção, etc) um documento de controle de contenção deve ser utilizada.
- **Retrabalho (definição segundo ótica da empresa):** é o trabalho (parcial) feito fora do processo/seqüência normal de manufatura para trazer um produto não conforme para a conformidade através do uso do processo original (ou equivalente). Isto inclui todos os esforços tal como desmontagem, remontagem, etc. Remontagem deve ser parte do processo normal de manufatura. Atividades de retrabalho devem ser controladas e documentadas usando o CAQ (Computer-Aided Quality) ou similar. Somente pessoal autorizado é permitido para realizar um retrabalho.
- **Reparo:** é o ato de reparar uma capacidade funcional de um produto não conforme através do uso de processo diferente (da produção em série, aprovação do Cliente). A função talvez seja garantida, mas o produto estará potencialmente fora o especificado. Reparos de forma geral não são permitidos. Exceção: Desvio concedido pelo cliente.

2.4.2 Procedimentos

A seguir seguem os procedimentos a serem executados:

No Processo de Produção:

Evidenciado a não conformidade e não sendo possível retrabalho deve-se preencher etiqueta vermelha conforme instrução, colar na peça, no caso de um tanque de combustível deve-se marcar no caderno o número referente ao tanque (código de barras), colocar a peça no rack vermelho, destinado a segregação de peças não conforme. Apontar o defeito no autocontrole obedecendo ao número de corte para parar a linha

A informação deverá ser escalada conforme matriz de escalonamento.

No Controle de Processo e Produto:

Verificado o potencial de falha ou a não conformidade, as peças deverão ser identificadas com etiqueta amarela para ser bloqueada e retirada do fluxo normal de montagem, uma análise do problema deverá ser realizada pelo Engenheiro da Qualidade que definirá a possibilidade de retrabalho ou o sucateamento das peças. Quando evidenciado a não conformidade no controle periódico, as peças produzidas anteriormente deverão ser segregadas e inspecionadas (as 3 peças anteriores). Caso seja evidenciado a não conformidade, continuar a inspeção até identificar a peça conforme.

A informação deverá ser escalada conforme matriz de escalonamento.

- Itens que não permitem retrabalho, porém apresentam problemas de qualidade devem passar por reinspeção e um spot azul deve ser colocado na etiqueta da embalagem como forma de identificar que foi aplicado um procedimento de rechecagem para produto retrabalhado ou somente reinspecionado.
- Situações que precisam ser segregadas e avaliadas pela Qualidade: Tubo, Tanque, Componentes ou Conjunto: caso caiam no chão ou sofram algum tipo de impacto
- Situações que não permitem retrabalho:
 - Não é possível de retrabalho tanques e tubos com defeitos produzidos na área de solda.

- Abraçadeiras não são passíveis de retrabalho, uma vez desmontadas deverão ser sucateadas e outra nova utilizada no lugar.
 - Teste de fluxo - Os tanques que forem reprovados no teste de fluxo deverão ser serrados no gargalo e colocados no rack vermelho.
- Situações que permitem retrabalho:
 - Tanque: quando não ocorrer a usinagem da região da bomba.
 - Montagem das mangueiras: as mangueiras que apresentarem problemas deverão ser substituídas imediatamente e o defeito anotado no formulário de auto controle.
 - Montagem da bomba e filtro: os componentes que apresentarem defeito deverão ser substituídos e o defeito anotado no auto controle.
 - Estanqueidade: ocorrendo vazamento em componentes substituíveis (mangueiras, anel de rosca) identificar o tanque com etiqueta de bloqueado e armazená-lo no rack/ mesa de retrabalho. Quando ocorrer uma falha no torque, na leitura da bomba, vazamento pela região da montagem da bomba que tenha que sofrer um retrabalho, ou seja, desmontar e montar novamente, o anel de rosca e a vedação devem ser substituídos e segregados no recipiente vermelho.
 - Placa calórica: os componentes que apresentarem defeito deverão ser substituídos imediatamente, e os componentes não conforme segregados.

Observações:

- 1) Componente com não conformidade proveniente do processo Kautex deverá ser identificada com etiqueta vermelha de peças não conformes adequada e colocado no rack/boca de lobo vermelho correspondente.
- 2) Componente com não conformidade proveniente do processo do fornecedor deverá ser identificado com etiqueta amarela conforme VA-SP-KBr-port “Monitoramento da Qualidade de Produto recebido” e entregue na Qualidade ao SQA.

- Todo retrabalho deverá ser efetuado/iniciado mediante a existência do formulário de retrabalho (F-06.02-KTdB1) emitido pela área da Qualidade. Não iniciar sem o F-06.02-KTdB.
- Toda peça retrabalhada não deverá apresentar danos após a correção e deve cumprir todas as especificações.
- Após o retrabalho ou reinspeção, verificar e fazer a liberação das peças. Caso as peças retrabalhadas não atendam as especificações, a produção deverá refugar as mesmas.
- O spot azul deverá ser colocado na etiqueta de identificação das caixas ou racks após a reinspeção .

O ANEXO 1, mostra o fluxograma de instrução de trabalho para tratativas com produtos não conformes, este está presente nas linhas de produção de cada produto.

O ANEXO 2, mostra o alerta da qualidade para aplicação de identificação de peças bloqueadas e reprovadas.

3 METODOLOGIA

3.1 ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO

Antes de realizar a análise dos dados acerca da produção de tanques, foi necessário conhecer a linha de montagem a fim de analisar os dados considerando o funcionamento do processo de produção. A seguir serão mostradas todas as informações, autorizadas pela empresa, a respeito do processo de montagem do tanque B299 Ford que representará o padrão de montagem de tanques de combustíveis na empresa.

3.1.1 Sopradora, Conformador e Buffer

Durante o processo de sopro, inicia-se a formação do chamado *Parison* que ao ser formado é fechado pelo molde e soprado internamente a fim de que adquira a forma da cavidade interna do molde. Detalhes do processo são listados a seguir:

- Durante a formação do *Parison* verifica-se que este, por ser formado na posição vertical, sofre o efeito de aumento do peso e consequentemente tende a escorrer mais rapidamente o que gera uma diminuição gradativa de sua espessura, assim é necessário que ocorra um aumento da área de vazão do material para compensar tal efeito;
- O molde é construído cerca de 3% maior que a dimensão final do tanque a fim de compensar o processo de contração do produto;
- A pressão do ar soprado durante o processo é de cerca de 10 bar;
- O molde esfria a parede externa do tanque por condução, enquanto que internamente o tanque é resfriado pelo ar injetado por convecção. Assim, a temperatura interna do tanque tende a ser maior internamente.

Após o processo de sopro descrito a seguir, o tanque é retirado da sopradora e segue estação onde serão retiradas as rebarbas e pesagem. Veja a figura 1 abaixo:

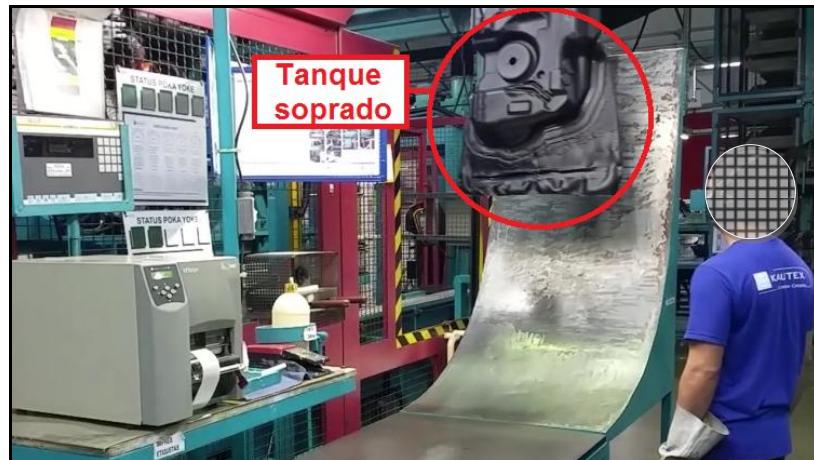


Figura 1: Tanque saindo da sopradora

Fonte: próprio autor

A figura 2 mostra a rebarba inferior antes de ser recortada do tanque e sua pesagem para verificação e controle do efeito da gravidade na formação do *Parison*.



Figura 2: Rebarba inferior do tanque a ser pesada e registrada pelo CAQ.

Fonte: próprio autor

A figura 3 mostra a pesagem do tanque sem as rebarbas:



Figura 3: Pesagem do tanque sem rebarbas.

Fonte: próprio autor

Se os valores de peso da rebarba inferior e peso do tanque estiverem dentro da especificação, automaticamente será gerada uma etiqueta para este tanque contendo o nome da empresa, o número do modelo do tanque seguido pela identificação da quantidade de camadas (COEX significa que este tanque é de 6 camadas), o código de barras que será lido nas estações seguintes e é utilizado para rastreabilidade do tanque, um número seriado e a data e hora de geração da etiqueta do tanque. A figura 4 mostra um exemplo do tanque B299 da Ford, verifica-se que trata-se de um tanque de 6 camadas (COEX).



Figura 4: Etiqueta de rastreamento do tanque B299 Ford.

Fonte: próprio autor

Após etiquetagem, o tanque será resfriado em berço conformador construído cerca de 1,5% maior que o dimensional do tanque almejado considerando o processo de contração do tanque durante resfriamento já mencionado. Vale ressaltar que a pressão interna adicionada durante este processo é por volta por volta de 100mbar (milibar). A conformação é realizada colocando-se

o tanque no berço conformado ajustável que é imerso em água a 10 graus Celsius em movimento turbulento a fim de tornar o resfriamento do tanque mais eficiente.a aproximadamente 10 graus Celsius. Desta forma, almeja-se ajustar o dimensionamento do tanque por meio deste resfriamento. A figura 5 mostra o momento em que o tanque é posicionado no conformador.



Figura 5: Tanque B299 Ford posicionado no conformador para resfriamento controlado.

Fonte: próprio autor

Uma vez resfriado, o tanque passa por uma esteira que direciona os tanques para a próxima estação. Este sistema de alimentação do buffer tem o propósito de estabilizar o processo de contração dos tanques, além disso os tanques são enviados a próxima estação passando pelo mesmo caminho ficando o mesmo período de tempo na mesma posição o que permite não somente sua estabilização mas uma série de produtos que foram resfriados da mesma maneira e pelo mesmo tempo. Veja a figura 6 mostrando o buffer.

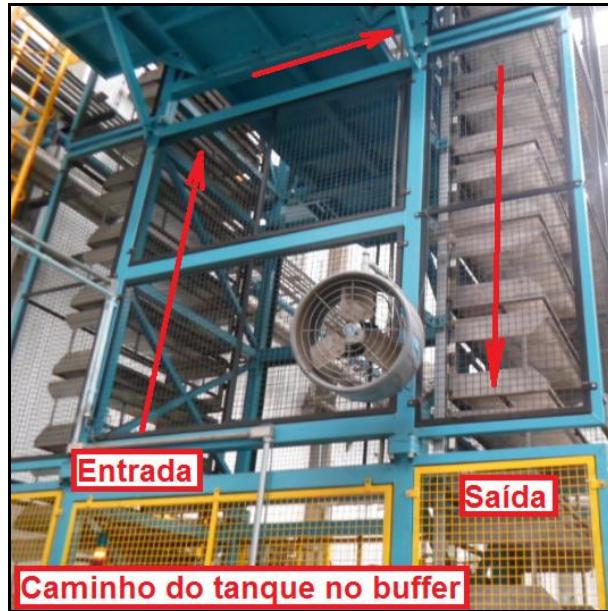


Figura 6: Buffer

Fonte: próprio autor

A seguir segue Tabela 1 mostra os problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes nesta sequência de operações mostradas:

Tabela 1: problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes na sopradora, conformador ou buffer.

Potenciais Falhas	Registro no CAQ
Peso da rebarba	* Peso_REBARBA
Peso do tanque	* Peso do tank
**Contaminação no tanque	N/A
***Ruga no tanque	N/A

*CAQ registra os valores obtidos para peças OK.

** Contaminação é um corpo estranho dentro do tanque ou grudado a sua superfície externa ou interna.

***Ruga é dobramento do parison durante o sopro, que pode causar fragilidade do tanque.

Nesta estação o CAQ (Computer-Aided Quality) funciona como *Poka-Yoke* (dispositivo a prova de erros) de prevenção que pára a peça, sendo a etiqueta

gerada apenas se o peso do tanque e rebarba estiverem dentro dos limites de tolerância previamente especificados. Embora o CAQ não registre nenhum tanque NOK (tanque não conforme, ou seja, que apresenta uma falha irreparável tendo assim que ser descartado) nesta estação, todos os outros problemas com tanques já etiquetados são registrados manualmente no caderno de “Controle de Produtos Não Conformes - Sopro” (com exceção do peso do tanque e rebarba visto que estes não recebem uma etiqueta de registro). Vale salientar que embora não se tenha um registro formal dos pesos de tanques e rebarbas NOK a incidência destes após estabilização da produção (após arranque de máquina em que os 2 primeiros tanques são descartados) tem frequência baixa com relação aos outros problemas identificados.

3.1.2 Acabadora

O operador retira do buffer o tanque já soprado, rebarbado, conformado e resfriado. Em seguida, posiciona-o na estação para soldagem de componentes e usinagem do recorte da bomba e outros como mostra a figura 7.

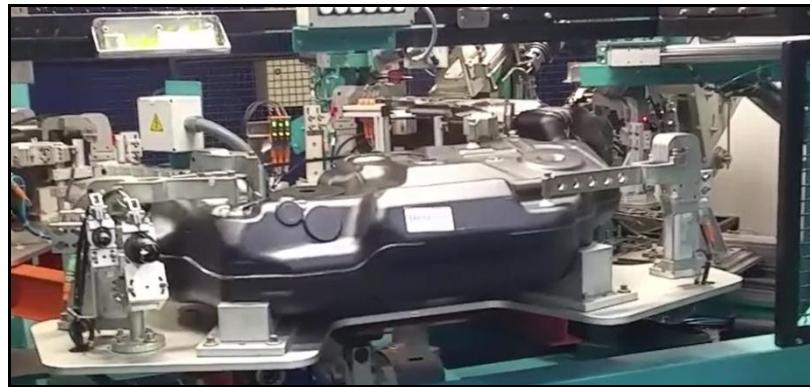


Figura 7: Tanque posicionado para iniciar ciclo de solda e usinagem na acabadora.

Fonte: próprio autor

Após o ciclo automático realizado pela máquina, o tanque está com os elementos soldados e o recorte da bomba usinado como mostra a figura 8 a seguir.



Figura 8: Tanque após operação da máquina acabadora.

Fonte: próprio autor

Após operação da máquina, o colaborador ainda realiza a checagem visual das soldas (identificado se há a presença do cordão duplo de solda), montagem de uma linha e vedação da do anel da bomba. Veja a figura 9.



Figura 9: Tanque pronto para montagem da bomba.

Fonte: próprio autor

A seguir segue Tabela 2, que mostra os problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes na linha do tanque B299 Ford.

Tabela 2: problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes na máquina acabadora.

Potenciais Falhas	Registro no CAQ
Usinagem do Tanque	N/A
Falha na soldagem 1	Welding
Falha na soldagem 2	Welding Jig Number
*Invasão da cortina de luz	Pára a maquina

*Cortina de Luz é um dispositivo que funciona como detector de presença por sensor. Durante o funcionamento da máquina, a fim de garantir que o operador ou outra pessoa não tenha acesso a parte interna da máquina a cortina de luz funciona como poka-yoke (dispositivo a prova de erros) pára a máquina ao detectar a presença de alguém ou algo em local não seguro da máquina.

Todos estes problemas devem ser anotados no caderno de “Controle de Produtos Não Conformes”. Além disso, as peças que sofrem retrabalhos são registradas no “Controle de retrabalho” e as operações repetidas não se aplicam a esta estação uma vez que a soldagem não é passível de retrabalho.

3.1.3 Montagem da Bomba

O processo de montagem da bomba envolve o controle do torque aplicado e a rotação da trava seguido pelos teste de corrente, cheio e vazio. Este processo é realizado em estação e caso ocorra alguma falha o processo é passível de retrabalho na maioria dos casos.

Inicialmente é realizada a montagem da bomba e sua fixação com o anel plástico de trava, o CAQ registra o torque e, no caso do B299 Ford, o ângulo de giro. Veja a figura 10 a seguir.



Figura 10: Posicionamento da bomba de combustível dentro do tanque e escaneamento do componente.

Fonte: próprio autor

Após encaixada, a bomba é fixada utilizando-se o anel de rosca plástico de trava que em conjunto com a vedação previamente montada assegurará a vedação do conjunto nesta área.

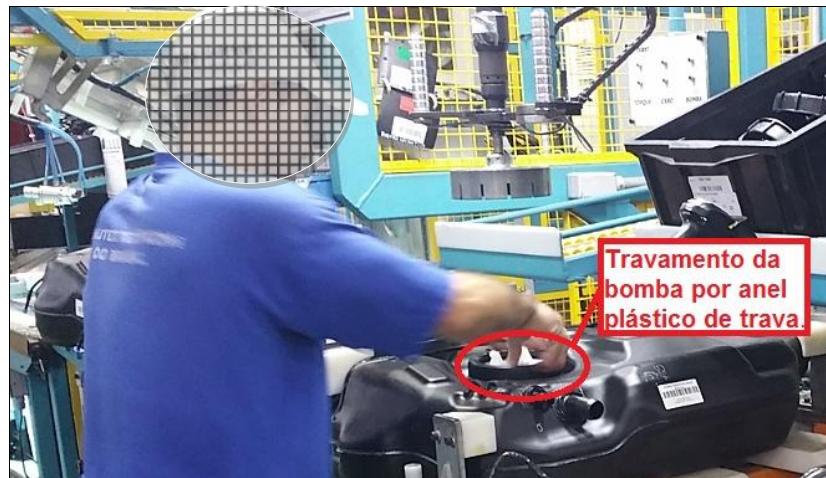


Figura 11: Pré-montagem do anel plástico de trava para fixação da bomba

Fonte: próprio autor

Utilizando-se a torqueadeira, pode-se realizar o travamento específico do anel plástico de trava. Neste momento os valores de torque em “Nm” e de rotação do anel em “graus” são registrados no CAQ e mostrados no display da máquina que aprovará ou rejeitará a operação. De acordo com a norma Kautex a operação pode ser repetida, se não acarretar atrasos no fluxo de peças, até duas vezes. Caso o erro persista na terceira, o tanque deve ser bloqueado e segregado em rack amarelo

com identificação adequada. O procedimento de peças não conformes e bloqueadas será explícito a frente. Veja a figura 12 seguir:



Figura 12: Travamento por torqueadeira do anel plástico de travamento

Fonte: próprio autor

Ainda nesta estação serão realizados na seqüência os testes de corrente, vazio, cheio e vazio2. Este “vazio2” é realizado almejando o teste de retorno da haste para a posição de “vazio” após estar na posição de “cheio”.

Inicialmente conecta-se o *plug* elétrico à bomba como mostra a figura 13 e faz-se a medição de corrente (Ampère) e teste simulando o tanque sem combustível “vazio” onde o posicionamento da haste de nível de combustível da bomba esta associada uma resistencia elétrica sendo sua posição então mensurada de maneira indireta em “ohms”.



Figura 13: Conectando o cabo para teste da bomba

Fonte: próprio autor

A mesma simulação pode ser feita para o tanque simulando quando este estiver cheio, ou seja quando estiver com combustível até o volume útil. Para simular esta condição, o tanque é rotacionado em 180 graus fazendo com que a haste da bomba atinja o limite de curso superior. Pode-se então realizar a medição associada a esta condição. Veja a figura 14 abaixo mostrando o rotacionamento do tanque até a posição de medição (estado 4).



Figura 14: Rotacionamento do tanque em 180 graus para simulação de estado “cheio”.

Fonte: próprio autor

A seguir segue Tabela 3, que mostra os problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes na linha do tanque B299 Ford.

Tabela 3: **problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes durante a montagem e teste da bomba de combustível.**

Montagem da bomba	
Potenciais Falhas	Registro no CAQ
Falha no torque [Nm]	Pump Torque
Falha no torque - ângulo	Pump Angle
Falha no teste de vazio 1	Resistance (empty)
Falha no teste de cheio	Resistance (full)
Falha no teste de vazio 2	Resistance (empty2)
Falha no teste de corrente	Pump Current
Invasão da cortina de luz	N/A

Todos estes problemas devem ser anotados no caderno de “Controle de Produtos Não Conformes”. Além disso, as peças que sofrem retrabalhos são registradas no “Controle de retrabalho” e as operações repetidas, mesmo que não sejam registradas manualmente podem ser detectadas via CAQ.

3.1.4 Estanqueidade

O processo de verificação de vazamento no tanque é realizado na estação de estanqueidade.

Inicialmente o tanque é vedado em seus orifícios e é submetido a uma pressão interna de aproximadamente 1,3 atm. Veja a figura 15 abaixo:



Figura 15: Vedação do tanque para teste de estanqueidade (vazamaneto)

Fonte: próprio autor

Em seguida, dois a dois os tanques são presos e inciam a descida para o reservatório de água. Veja a figura 16.

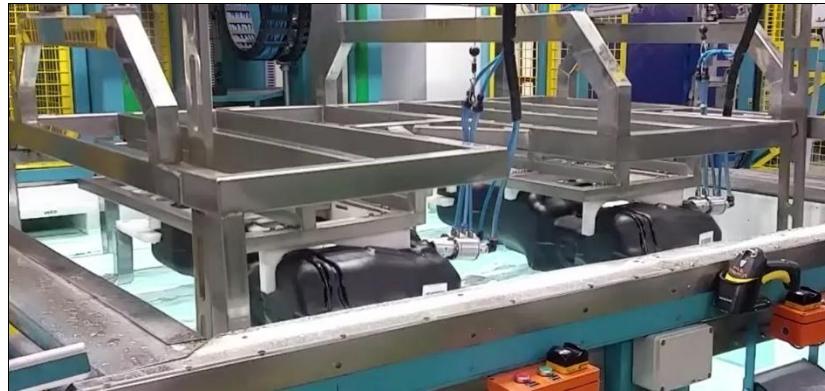


Figura 16: Tanques presos descendo no reservatório de água.

Fonte: próprio autor

Finalmente é realizada a checagem visual pelo o operador verificando se a pontos de vazamento que serão identificados pela formação de bolhas na região. Manualmente o operador informa o CAQ se o tanque está aprovado ou reprovado. Este tanque deve ficar submerso por um tempo pré-determinado.

A figura 17 mostra o operador verificando se há a presença de pontos de vazamento nos tanques.



Figura 17: verificação de vazamento visual.

Fonte: próprio autor

A seguir segue Tabela 4, que mostra os problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes na linha do tanque B299 Ford.

Tabela 4: problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes durante o teste de estanqueidade.

Potenciais Falhas	Registro no CAQ
Vazamento no tanque	Registro manual no CAQ
Invasão da cortina de luz	N/A

Todos estes problemas devem ser anotados no caderno de “Controle de Produtos Não Conformes”. Além disso, as peças que sofrem retrabalhos são registradas no “Controle de retrabalho” e as operações repetidas, mesmo que não sejam registradas manualmente podem ser detectadas via CAQ.

Entre a estação de estanqueidade e a verificação final (Firewall), o operador ainda realiza a montagem da cinta de metal no tanque aprovado na estação anterior. Nesta estação intermediária a pistola de torque é somente liberada após verificação por sensor de presença de água interna no tanque. Veja a figura 17.



Figura 17: montagem da cinta metálica ao tanque.

Fonte: próprio autor

3.1.5 Firewall

Finalmente, o tanque estando montado ele passa pela inspeção final. Em uma bancada o operador verifica visualmente todas as soldas e montagem dos elementos vedando as entradas com tampa pó. Veja a figura 18 a seguir:



Figura 18: Inspeção final (Firewall)

Fonte: próprio autor

Vale ressaltar que o anel de travamento da bomba possui uma marcação que em conjunto com a marcação no tanque pode-se visualmente rejeitar ou aprovar o ângulo de rotação do elemento. Nesta estação nenhum problema é identificado no sistema CAQ, embora as peças que sofrem retrabalhos são registradas no “Controle de retrabalho”. Veja a tabela 5.

Tabela 5: problemas potenciais que podem gerar retrabalhos ou peças não conformes durante a checagem final.

Firewall
Anel de travamento da bomba fora de posição
Suporte da mangueira danificado
Filtro fora de posição
Lingüeta danificada
Solda sem cordão duplo

3.2 FILTRAGEM DOS DADOS NO CAQ

A fim de estabelecer uma análise focada nos produtos correntes em condições normais de produção foram estabelecidos certos critérios para filtrar os dados coletados, exemplos de análise de eventos a serem evitados são mostrados a seguir:

- Produção de produtos em desenvolvimento: deve-se considerar apenas a análise de produtos que já passaram por aprovações e estão correntemente sendo vendidos aos clientes e chegam ao consumidor final.
- Eventos extraordinários como “try-outs” de novos modelos de tanques ou troca de matéria prima. Atualmente utiliza-se para produção na planta a matéria prima denominada “*Lupolen*”, porém no histórico verifica-se testes com matéria prima diferente, a chamada matéria prima “*INEOS*” a qual produz tanques que não vão para as montadoras e estão em processo de testes.

A maneira encontrada para fazer tal seleção é a partir da planilha de programação semanal de sopro. Veja o exemplo da figura 19 abaixo de um lote de produção do tanque Toyota nos dias 10, 11 e 12 de Setembro de 2015. Nesta planilha pode-se verificar quais os lotes foram produzidos no mês a ser analisado.



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet from Kautex, a Textron Company. The header includes the company logo and name. A red arrow points to a specific cell in the 'PRODUTO' column for September 10th, highlighting the 'TOYOTA FLEX / GAS' entry.

CÉLULAS		SEM.	37					
PRODUÇÃO			DIA	7	8	9	10	11
S 7	PROGR. SOPRO				(TQ B299 FLEX / GAS) (432 / 720 PÇS)		(TQ TOYOTA FLEX / GAS) (2.016 / 462 PÇS)	
	REAL	DIA						
	PRODUZIDO	AC.						

Figura 19: Exemplo de checagem de lotes de produção

Fonte: próprio autor

Ainda, devem-se desconsiderar operações de checagem de *Poka-Yoke* (dispositivo a prova e erros). Deve-se atentar as peças vermelhas que são utilizadas na produção para verificação dos *Poka-Yokes* das máquinas, estas peças terão um impacto negativo na análise dos dados, como elas são peças que servem apenas para verificação das condições de reprova da máquina serão descartadas as análises. Um exemplo de peça vermelha (*red habit*) pode ser visto na figura abaixo:



Figura 20: exemplo de peça vermelha para verificação de Poka Yoke de máquina.

Fonte: próprio autor

3.2.1 Limitações do CAQ

Os dados coletados pelo CAQ apresentam a identificação do produto, a hora e data que a operação é realizada para cada estação da linha de montagem. O software ainda mostra o status da operação (OK ou NOK) e, quando aplicável, os valores referentes a operação realizada e os limites de valores permitidos para aquela mesma operação. A página que é mostrada no sistema CAQ pode ser visualizada a seguir na figura 21.

Periodo selecionado									
	OK	NOK	Reworked (Item)	Reworked (Times)					
Status	8195	1	85	120					
Tank SNR	-	Status							
0080435136	OK								
0119720136	OK								
0119718136	OK								
0119721136	OK								
0119722136	OK								
0119723136	OK								
0119724136	OK								
0119725136	OK								
0119658136	OK								
0119659136	OK								
0119660136	OK								
0119661136	OK								
0119662136	OK								
0119663136	OK								
0119664136	OK								
0119665136	OK								
0119666136	OK								
0119667136	OK								
0119668136	OK								
0119669136	OK								
0119670136	OK								
0026860135	OK								
0026861135	OK								
0026862135	OK								
0026863135	OK								
0026864135	OK								
0026865135	OK								
0026866135	OK								
0026867135	OK								
0026868135	OK								
0026869135	OK								
0026870135	OK								
0026871135	OK								
0026872135	OK								
0026873135	OK								
0026874135	OK								
0026875135	OK								
0026876135	OK								
0026877135	OK								
0026878135	OK								
0026879135	OK								
0026880135	OK								
0026881135	OK								
0026882135	OK								
0026883135	OK								
0026884135	OK								
0026885135	OK								
0026886135	OK								
0026887135	OK								
0026888135	OK								
0026889135	OK								
0026890135	OK								
0026891135	OK								
0026892135	OK								
0026893135	OK								
0026894135	OK								
0026895135	OK								
0026896135	OK								
0026897135	OK								
0026898135	OK								
0026899135	OK								
0026890136	OK								
0026891136	OK								
0026892136	OK								
0026893136	OK								
0026894136	OK								
0026895136	OK								
0026896136	OK								
0026897136	OK								
0026898136	OK								
0026899136	OK								
0026890137	OK								
0026891137	OK								
0026892137	OK								
0026893137	OK								
0026894137	OK								
0026895137	OK								
0026896137	OK								
0026897137	OK								
0026898137	OK								
0026899137	OK								
0026890138	OK								
0026891138	OK								
0026892138	OK								
0026893138	OK								
0026894138	OK								
0026895138	OK								
0026896138	OK								
0026897138	OK								
0026898138	OK								
0026899138	OK								
0026890139	OK								
0026891139	OK								
0026892139	OK								
0026893139	OK								
0026894139	OK								
0026895139	OK								
0026896139	OK								
0026897139	OK								
0026898139	OK								
0026899139	OK								
0026890140	OK								
0026891140	OK								
0026892140	OK								
0026893140	OK								
0026894140	OK								
0026895140	OK								
0026896140	OK								
0026897140	OK								
0026898140	OK								
0026899140	OK								
0026890141	OK								
0026891141	OK								
0026892141	OK								
0026893141	OK								
0026894141	OK								
0026895141	OK								
0026896141	OK								
0026897141	OK								
0026898141	OK								
0026899141	OK								

A planilha indicada pela seta vermelha mostra todos os tanques produzidos de acordo com a seleção do período selecionado. No que tange ao presente trabalho, foi selecionado o tanque TOYOTA (flex e gasolina) produzidos no período de Outubro de 2015, no caso verifica-se que os dias que efetivamente a produção ocorreu foram os dias 1,2,3,7,8,9,10,20,21,22,23,24 e 25 totalizando 13 dias de produção com revezamento de colaboradores a cada 8 horas, ou seja, a máquina não pára no período noturno (cada dia é contabilizado como 24h de produção).

Tabela 6: Planilhas do CAQ exportadas para o Excel

Tank SNr	Status
0080438136	NOK
0119720136	OK
0119718136	OK
0119721136	OK
...
0113293136	REWORKED
0113200136	REWORKED
0027091135	REWORKED

Exportado para o Excel a planilha mostrada na tabela 6, verifica-se o status atribuído pelo CAQ para cada tanque produzido (OK, NOK ou REWORKED). Foi determinante na análise de eficácia do CAQ a seguinte análise:

- O status “OK”, indica que o tanque foi aprovado em pelo menos uma operação registrada no CAQ e não apresenta nenhum registro de operação “NOK” em seu histórico. Assim, tanques que foram bloqueados ou mesmo reprovados durante o processo de montagem por motivos diferentes dos registrados pelo CAQ receberão o status OK.
- O status “NOK” é dado para tanques que foram reprovados em um determinado teste registrado pelo CAQ e não foi registrado o status “OK” para este mesmo teste após retrabalho. Assim, o CAQ novamente se mostra eficiente no registro de peças NOK de operações que são reprovadas e registradas no CAQ, isso significa que tanques que não tenham completado o

processo de montagem mas não estão com nenhum status “NOK” em seu histórico, são considerados tanques “OK” pelo sistema.

- O status “REW” mostra tanques que foram reprovados em alguma operação registrada pelo CAQ e posteriormente recebeu o status “OK” para a mesma operação. Assim, qualquer motivo de retrabalho que não seja uma operação registrada pelo CAQ não é identificado como retrabalho pelo sistema. Temos assim, tanques que foram aprovados no peso e nenhum outro registro deste é mostrado pelo CAQ e mesmo assim recebem o status “OK”.
- Um exemplo contendo as operações quantitativas da estação de montagem da bomba (*pump angle*, torque, *resistence...*) e um exemplo de operação qualitativa, a estanqueidade (*leak testing*) pode ser identificada na tabela abaixo:
-

Tabela 7 – Exemplo de dados registrados pelo CAQ

Valores e resultados					Operação registrada
Stat	LTL	Value	UTL	Unit	Characteri.
OK	360	368.00	380	Nm	Pump Angle
OK	80	95.68	140	Nm	Pump Torque
OK	177	180.48	183	Ohm	Resistance (empty2)
OK	177	180.58	183	Ohm	Resistance (empty)
OK	8.5	10.60	11.5	Ohm	Resistance (full)
OK	0.1	0.97	2	A	Pump Current
OK	-	-	-	-	Leak Testing

A primeira coluna mostra o status da operação, o chamado “LTL” é o limite inferior quantitativo do teste, o “Value” é o valor real registrado, o “UTL” é o limite superior da especificação, “Unit” é a unidade dos valores apresentados e “Charactri.” é a operação registrada. Verifica-se que o “Leak Testing” na apresenta valor quantitativo pois é aprovado ou reprovado pelo operador por análise visual, assim receberá apenas o status “OK” ou “NOK”.

Atualmente existe a chamada “Estanqueidade a Hélio” que vem gradativamente sendo aplicada as linhas, na empresa atualmente a linha do tanque da JAGUAR-LANDROVER apresenta esta tecnologia que torna a estanqueidade uma análise quantitativa e de reprovação automática.

Uma discriminação que é realizada manualmente é a discriminação de retrabalho e operação repetida, o primeiro considera-se que a peça sai do fluxo produtivo e depois retorna enquanto que a segunda a operação é refeita imediatamente após ser reprovada sem que seja necessário retirar a peça do fluxo de produção. A análise e método de discriminação serão vistos na próxima seção.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS NÃO CONFORMES (NOK)

Uma vez filtrados os dados almejando uma análise específica da produção de produtos correntes, deve-se separar os casos em: peças não conformes, retrabalhos e operações repetidas. As considerações aqui estabelecidas será realizada inicialmente segundo dados do CAQ e “Cadernos de retrabalhos” e, para uma análise mais apurada dos dados, manualmente utilizando os registros do CAQ.

3.3.1 Identificação de peças NOK na linha de produção

Na linha de produção, os tanques/componentes rejeitados são devidamente identificados (ver Figura 22A) com etiqueta vermelha e segregados em rack vermelho disponíveis na linha de produção (ver figura a seguir)



Figura 21: Identificação de tanque e componente NOK e detalhe da etiqueta utilizada.

Fonte: próprio autor



Figura 22: Segregação de tanques NOK em rack vermelho.

Fonte: próprio autor

Dentre as peças retrabalhadas, pode-se ainda separá-las em retrabalho (com bloqueio da peça) e as chamadas “operações repetidas em que o tanque não é retirado do fluxo normal de produção, sendo o retrabalho realizado imediatamente após a falha identificada.

3.3.2 Identificação de peças NOK via análise de dados

Assim com citado acima na seção que mostra as limitações do CAQ, verifica-se que a identificação de peças NOK discriminada pelo CAQ apresenta limitações consideráveis. Assim, foi realizada a separação de peças não NOK como é mostrado a seguir.

O seqüenciamento de tanques produzidos pode ser identificado pela etiqueta de rastreamento gerada logo após a confirmação do peso do tanque e da rebarba estar dentro do especificado. A fim de determinar a quantidade de tanques que chegaram ao fim da linha de produção, ou seja, foram completamente montados e estão aptos a serem entregues ao cliente final com relação aos tanques que receberam a etiqueta de rastreabilidade, foi realizada a análise do seqüenciamento de etiquetas que foram lidas e aprovadas na estação de estanqueidade (verificação de vazamento) pois esta é a última estação que o CAQ registra o status do tanque.

Veja um exemplo de seqüenciamento analisado na figura a seguir:

Tabela 8: Método de identificação de tanques na estação de estanqueidade.

Tank SNr	Time	Characteri.	Teste
0026856135	01.out 2015 2:50:05 AM	Leak Testing	
0026857135	01.out 2015 2:58:55 AM	Leak Testing	1000
0026859135	01.out 2015 3:00:33 AM	Leak Testing	2000
0026860135	01.out 2015 3:02:02 AM	Leak Testing	1000
0026861135	01.out 2015 3:04:23 AM	Leak Testing	1000
0026862135	01.out 2015 3:05:52 AM	Leak Testing	1000
0026864135	01.out 2015 3:07:46 AM	Leak Testing	2000
0026865135	01.out 2015 3:09:17 AM	Leak Testing	1000
0026866135	01.out 2015 3:10:45 AM	Leak Testing	1000
0026867135	01.out 2015 3:12:12 AM	Leak Testing	1000
0026868135	01.out 2015 3:13:42 AM	Leak Testing	1000
0026869135	01.out 2015 3:15:15 AM	Leak Testing	1000
0026870135	01.out 2015 3:16:42 AM	Leak Testing	1000
0026871135	01.out 2015 3:18:11 AM	Leak Testing	1000
0026872135	01.out 2015 3:19:43 AM	Leak Testing	1000
0026873135	01.out 2015 3:21:06 AM	Leak Testing	1000
0026876135	01.out 2015 3:22:26 AM	Leak Testing	3000

A coluna “Teste” foi introduzida visando a verificação da sequência de tanques que passaram por esta estação. Como os três últimos números do tanque

permanecem o mesmo para a versão analisada “135”, a sequência se dá pelos números a partir do quarto dígito. Assim, a diferença entre um número do tanque e outro sequencial será de 1000. Se algum tanque for dado como NOK ou utilizado para testes de qualidade, ou seja, ser interceptado e não passar pela estação analisada haverá uma diferença de 2000 entre dois tanques sequenciais ou mais dependendo da quantidade de tanques interceptados (3000, 4000, 5000...)

A partir desta análise na estação em cada estação, pode-se estimar em que momento da linha de produção o tanque foi interceptado e uma análise apurada da estação de estanqueidade (última estação registrada pelo CAQ) fornece a diferença de tanques que foram etiquetados e tanques que foram montados completamente e testados com relação a vazamento.

Dentre as possíveis causas de intercepção do tanque durante o processo de montagem são: testes realizados periodicamente para assegurar a qualidade do produto e operações NOK que tiveram o impacto de perda do produto.

Embora a análise de tanques reprovados seja interessante do ponto de vista de efetividade do uso da matéria prima e operação, o objetivo do presente trabalho estará em torno do impacto do retrabalho, ou seja, de operações que foram realizadas mais de uma vez teve como resultado um produto aprovado.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DE PEÇAS RETRABALHADAS

Assim como citado acima na seção que mostra as limitações do CAQ, verifica-se que a identificação de peças que sofreram retrabalho (REW) discriminada pelo CAQ, também apresenta limitações (21% dos retrabalhos que ocorreram no período não foram discriminados pelo CAQ como será mostrado na seção de resultados). Assim, foi realizada a separação de peças retrabalhadas a partir do método descrito a seguir.

Da mesma maneira que foram identificados os tanques reprovados, verificam-se quantas vezes o mesmo tanque sofreu a operação analisada.

Tabela 9: método de análise de identificação de retrabalho

Tank SNr	Time	Characteri.	TESTE
0027801135	02.out 2015 3:27:59 AM	Pump Torque	1000
0027802135	02.out 2015 3:29:30 AM	Pump Torque	1000
0027803135	02.out 2015 3:31:02 AM	Pump Torque	1000
0027804135	02.out 2015 3:32:35 AM	Pump Torque	1000
0027804135	02.out 2015 3:34:16 AM	Pump Torque	0
0027805135	02.out 2015 3:35:48 AM	Pump Torque	1000
0027806135	02.out 2015 3:37:23 AM	Pump Torque	1000
0027807135	02.out 2015 3:38:53 AM	Pump Torque	1000
0027808135	02.out 2015 3:40:23 AM	Pump Torque	1000
0027809135	02.out 2015 3:41:49 AM	Pump Torque	1000
0027810135	02.out 2015 3:43:29 AM	Pump Torque	1000
0027811135	02.out 2015 3:45:08 AM	Pump Torque	1000
0027812135	02.out 2015 3:46:26 AM	Pump Torque	1000

A tabela anterior mostra que quando a diferença entre tanques seqüenciais é zero, pode-se verificar que temos um caso que o tanque passou mais de uma vez pela estação citada. É necessária que inicialmente seja organizado em sequência crescente a lista de tanques registrados pelo CAQ na estação analisada para identificação de todos os tanques que sofreram retrabalho ou operação repetida.

Após esta seleção, pode-se ainda, separá-las em retrabalho (com bloqueio da peça) e as chamadas “operações repetidas em que o tanque não é retirado do fluxo normal de produção, sendo o retrabalho realizado imediatamente após a falha identificada.

3.4.1 Peças retrabalhadas (com bloqueio de peça)

Para identificação de peças retrabalhadas (com bloqueio da peça), considerando aqui que estas foram retidas em rack amarelo para inspeção do TL e posteriormente repetida a operação, utiliza-se o “Caderno de retrabalho” e o CAQ atentando-se para o tempo entre o momento em que o produto passou pelo teste a primeira vez (NOK) e a segunda (OK). Neste intervalo de tempo, deve verificar se algum outro tanque passou pela estação, ou seja, se a peça foi retirada da linha. Um

exemplo de diferença de tempo que potencialmente pode ser considerado que a peça foi bloqueada é mostrado na figura a seguir:

Tabela 10: Exemplo de suposta peça bloqueada e ao fim do turno foi retrabalhada.

Tank SNr	Time	Station	Stat
0004413136	02.Feb 2015 7:35:08 AM	Pump Assembly/Leak testing Station of Toyota line	NOK
0004413136	02.Feb 2015 2:56:13 PM	Pump Assembly/Leak testing Station of Toyota line	OK

Na linha de produção, os tanques/componentes bloqueados para futura análise são devidamente identificados (ver Figura 23) com etiqueta amarela e bloqueados temporariamente em racks amarelos disponíveis na linha de produção.



Figura 23: Identificação de tanque e componente bloqueados e detalhe da etiqueta utilizada.

Fonte: documento interno de identificação de peças bloqueadas da empresa

Fonte: documento interno de identificação de peças bloqueadas da empresa



Figura 24: Bloqueio de tanques para inspeção em rack amarelo.

Fonte: documento interno de identificação de peças bloqueadas da empresa

3.4.2 Peças retrabalhadas (sem bloqueio de peça) – “operações repetidas”

Para classificação de peças que foram retrabalhadas sem retirada destas da máquina, aqui denominado “operação repetida” deve-se utilizar o CAQ atentando-se a tempo entre o momento em que o produto passou pelo teste a primeira vez (NOK), a segunda (OK ou NOK) e a terceira, se aplicável (OK). Verifica-se que na terceira tentativa (se falhar) o procedimento requer que a peça seja bloqueada para posterior análise. Segue um exemplo de peça que foi realizado o processo de operação repetida em que o tempo entre a primeira e segunda vez que a operação realizada é de 33 segundos. Neste caso pode-se afirmar que o tanque não saiu da linha de produção, mesmo porque a seqüência de montagem não mostra recebimento de nenhum tanque entre as 10:47:32 AM e as 10:48:05 AM.

Tabela 11: Exemplo de identificação de operação repetida na linha do tanque Toyota.

Tank SNr	Time	Station	Stat	LTL	Value	UTL	Unit	Characteri.
0026032135	11/09/2015 10:47:32 AM	Pump Assembly/Leak testing Station of Toyota line	NOK	140	52.09	250	Nm	Pump Torque
0026032135	11/09/2015 10:48:05 AM	Pump Assembly/Leak testing Station of Toyota line	OK	140	185.70	250	Nm	Pump Torque

4 RESULTADOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES INTERCEPTADOS

Segue a quantidade de tanques que foram em algum momento da linha de produção interceptados:

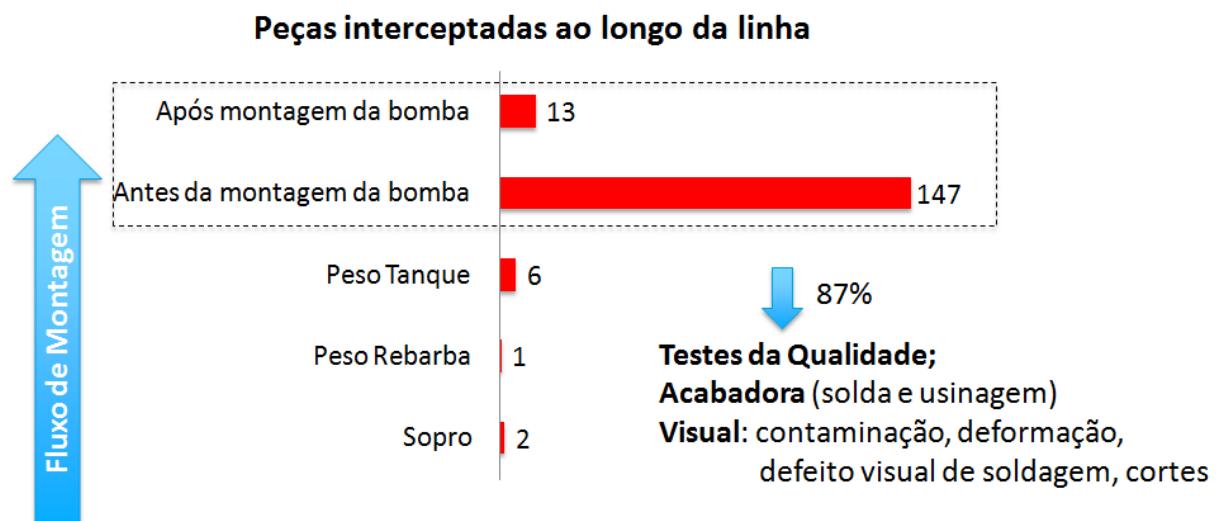


Figura 25: Tanques interceptados ao longo da linha de produção

Verifica-se que 87% dos tanques interceptados ocorreu após a pesagem da rebarba e tanque gerando a etiqueta de rastreamento e imediatamente antes de ser registrado qualquer dado na estação de montagem e teste da bomba. Assim, as principais causas de intercepção, baseando-se nos “Cadernos de Produtos Não-Conformes” são:

- Testes da Qualidade;
- Reprovação durante usinagem e soldagem de componentes na estação denominada “acabadora”;

- Deformações visuais identificadas pelos operadores como: contaminação, defeitos de sopro, defeito visual de soldagem, fissuras provenientes do processo de retirada da rebarba após sopro entre outros.

Das análises dos Cadernos de Produtos Não Conformes disponíveis em cada estação e na sala de metrologia, pode-se discriminar que em sua maioria, os tanques efetivamente descartados foram utilizados para testes da qualidade como Burst (verificação da capacidade do tanque a resistir a 3 bar de pressão interna por 3min), Layer (verificação da distribuição de camadas ao longo da espessura do tanque), Sleed (verificação da resistência do tanque a testes de impacto, microtomia (avaliação das soldas das soldas presentes no tanque), espessura (verificação da espessura geral do tanque) entre outros testes.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES RETRABALHADOS (COM BLOQUEIO DA PEÇA) – 9% dos retrabalhos

Dentre as peças retrabalhadas com bloqueio de peça que representam 9% dos retrabalhos realizados, pode-se verificar que as principais operações realizadas imediatamente antes do bloqueio do tanque foram:

**Atraso Total
- 00:40:13**

Peças bloqueadas por operação

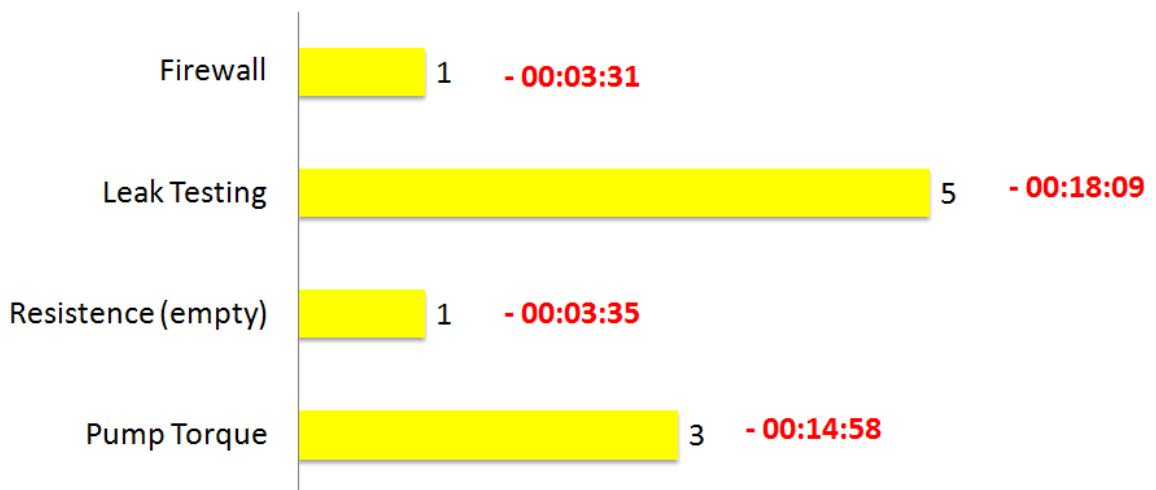


Figura 26: Discriminação dos tanques bloqueados

Os tanques bloqueados, em sua maioria ocorrem na operação de teste de estanqueidade, na figura 26 identificado como “Leak Testing” (5 ocorrências) e durante o processo de roscamento do anel de plástico para fixação da bomba apresentado na figura como “Pump Torque” (3 ocorrências). Ainda na figura 26, são mostrados os atrasos em cada grupo de retrabalhos e seu total no canto superior esquerdo da figura totalizando 40min e 13seg de atraso por retrabalho.

Outra análise com relação ao tempo de operação é a comparação do tempo gasto por cada retrabalho identificado com relação as médias de tempo gasto em operações repetidas discriminado por operação.

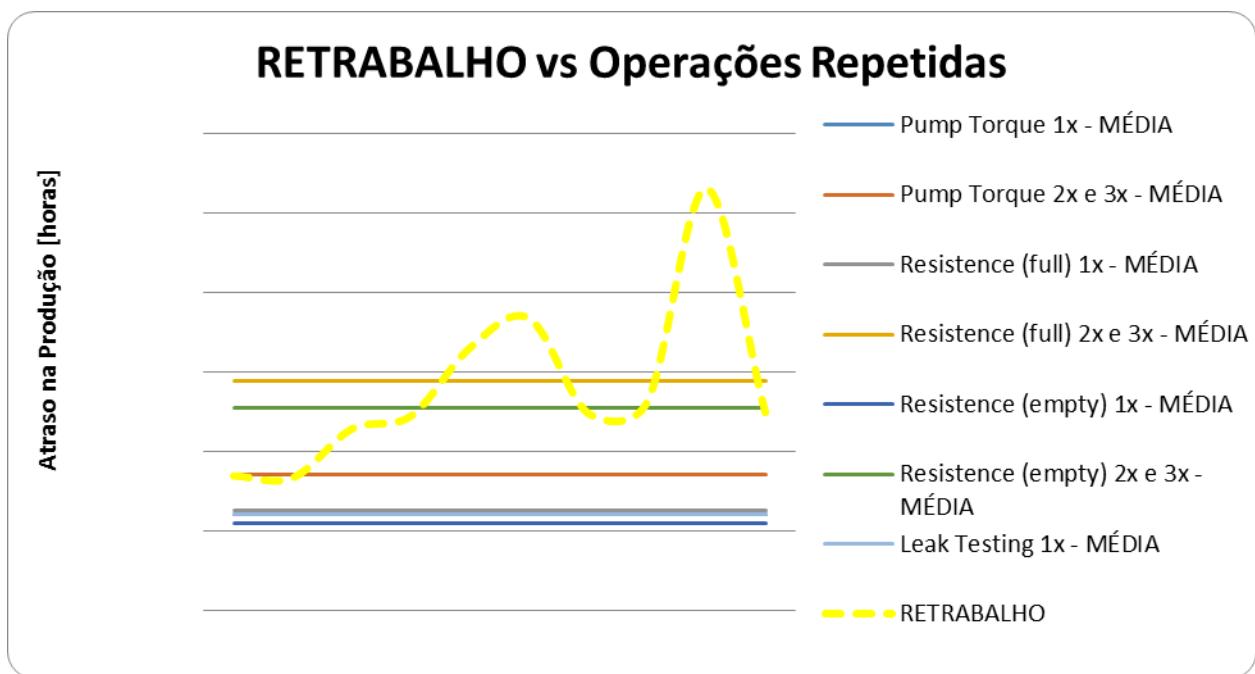


Figura 27: Comparação do tempo gasto com tanques que sofreram operações de retrabalho com tanques que sofreram uma determinada operação repetida.

O gráfico acima mostra a comparação do tempo gasto por cada tanque que sofreu retrabalho com bloqueio de peça em relação a média do tempo de tanques que sofreram um processo de operação repetida. A fim de justificar a variação encontrada no gráfico, segue a discriminação detalhada de cada retrabalho encontrado.

Tabela 12: Discriminação dos tanque retrabalhados

DISCRIMINAÇÃO DOS RETRABALHOS (com bloqueio de peça)								
Nº Tanque	Pump Torque	Resistance Full	Resistance Empty	Leak Testing	TOTAL de retrabalhos	Atraso na produção [horas]	Peça bloqueada durante	
115987136	1	1	1	1	4	00:02:26	Leak Testing	
28152135	0	0	0	1	1	00:02:24	Leak Testing	
115724136	4	1	1	1	7	00:03:17	Leak Testing	
114717136	1	1	1	1	4	00:03:31	Firewall	
113293136	3	1	1	1	6	00:04:45	Leak Testing	
117660136	3	1	1	1	6	00:05:17	Leak Testing	
114105136	4	0	0	0	4	00:03:34	Pump Torque	
27778135	3	2	0	0	5	00:03:46	Pump Torque	
117020136	5	0	0	0	5	00:07:38	Pump Torque	
118416136	2	1	1	0	4	00:03:35	Resistance (empty)	
TOTAIS	26	8	6	6	46	00:40:13		

Verificam-se na tabela anterior que as operações de retrabalho envolvem diversas operações repetidas e agrega o valor de tempo de retirada e realocação do tanque ao fluxo de produção. Assim, justificam-se os valores elevados de tempo de retrabalho com bloqueio de peça em relação as operações repetidas. Verifica-se ainda que em certos casos o bloqueio ocorreu em função de apenas uma operação o que gera um atraso menor na produção.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DE TANQUES RETRABALHADOS (SEM BLOQUEIO DA PEÇA) – OPERAÇÕES REPETIDAS

As análises realizadas a seguir envolvem a verificação do impacto das operações repetidas para cada operação discriminando ainda quantas vezes aquela operação foi repetida tendo o limite de 3 vezes. Este seguido de acordo com a norma interna para retrabalho em que após a terceira reincidência negativa da ocorrência do erro na mesma peça, o tanque deve ser bloqueado para análise do

operador fora de linha. A comparação do ciclo de uma peça que sofreu operação(ões) repetida(s) na estação verificada será comparado com o ciclo previsto de produção (38 peças por hora) e o ciclo real considerando a operação analisada.

4.3.1 Operação repetida de torque (montagem da bomba)

A primeira análise realizada foi na estação de montagem da bomba por torqueamento, nesta operação foi analisado o tempo de ciclo de operações que sofreram operação repetida uma vez com relação ao *target* de tempo de ciclo e os dados reais médios de tempo de ciclo considerando a operação de torque. Segue o gráfico da análise realizada:

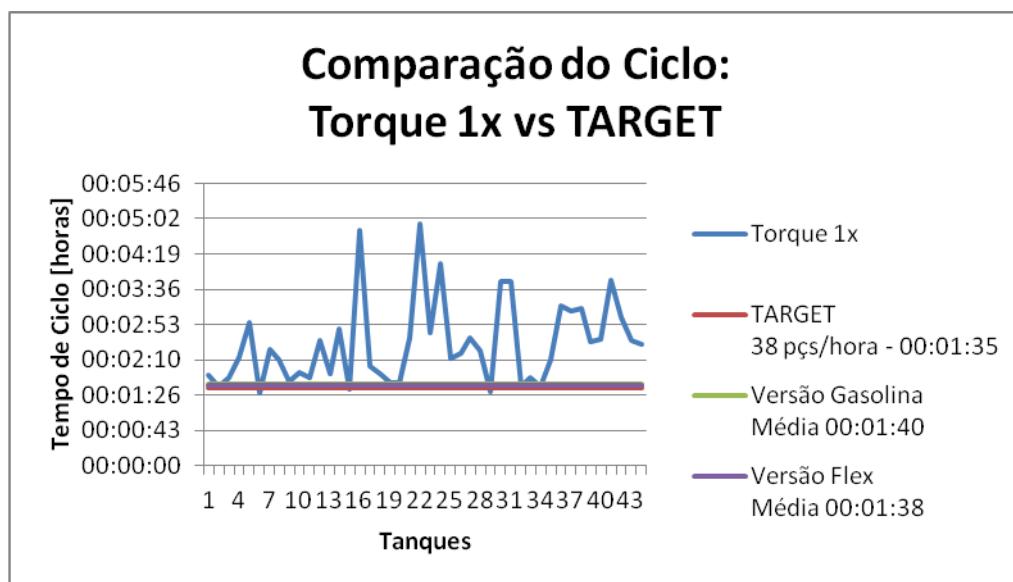


Figura 28: Ciclo de operação com uma repetição de torque com relação ao target.

Verifica-se que o tempo do ciclo em análise (Torque 1x) tende a ser maior que o target estabelecido visto que é adicionado uma repetição da operação de torque. Comparando-se as médias, o tempo de um ciclo com uma repetição de torque é de 2min e 29seg contra 1min e 39seg da média das médias dos ciclos das versões analisadas (gasolina e flex). Este acréscimo é comparável com a média de tempo gasto na operação de repetição de torque, que para o caso apresentou valor de 45 seg.

A segunda análise inclui a verificação de operações em que o torque foi repetido por duas vezes para o mesmo tanque sem sair do fluxo de produção.

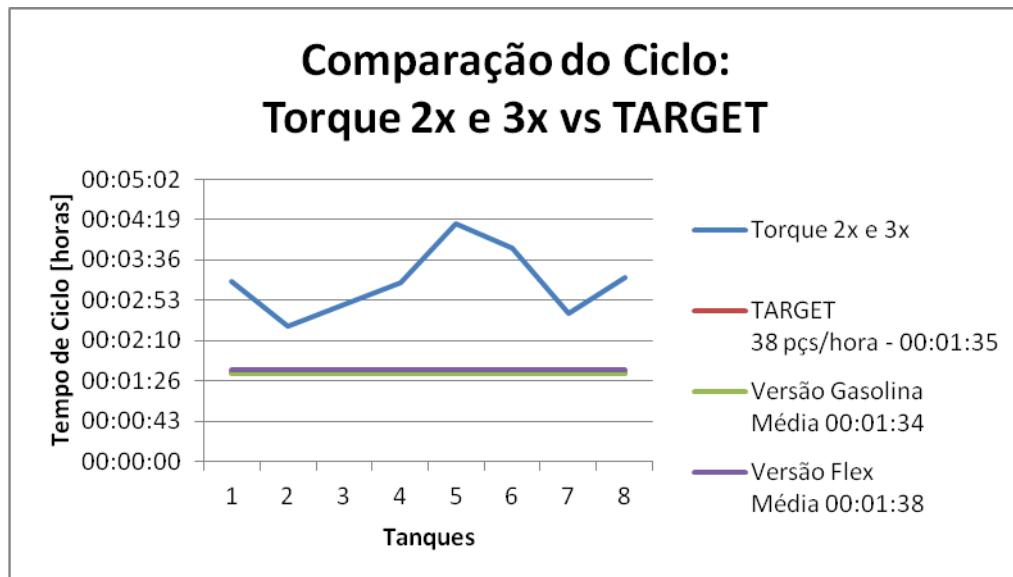


Figura 29: Ciclo de operação com mais de uma repetição de torque com relação ao target.

O tempo médio entre uma operação de torque e outra é de 1min e 40 seg para a versão gasolina e 1min e 38 seg para a versão Flex do lote analisado que em comparação a média do ciclo com adicional de repetição 3min e 12 seg apresenta um acréscimo médio de cerca de 1min e 33 seg. Ou seja, quase uma nova operação pode ser realizada neste caso.

O tempo total considerando apenas as operações que não resultaram em operações eficazes com relação a torqueamento, ou seja, que são contabilizadas como atraso direto na produção é de cerca de 1h 36min e 31 seg. Este atraso será comparado com as 8665 operações realizadas no período do mês de Outubro de 2015 totalizando cerca de 225h e 45 min.

4.3.2 Operação repetida de teste de cheio (teste da bomba)

Nesta operação o teste simula a eficácia da bomba em mostrar a condição de tanque com combustível até seu volume útil. Análise é realizada em

duas etapas como mostrado na condição de torque: a operação é feita dua vezes da mesma maneira. Veja os gráficos a seguir:

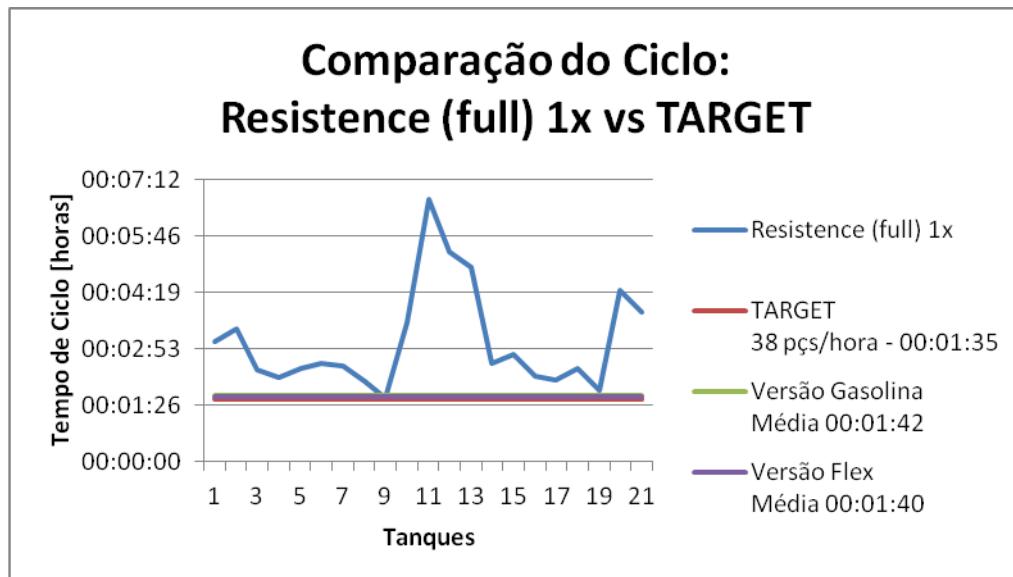


Figura 30: Ciclo de operação com uma repetição de teste de cheio com relação ao target.

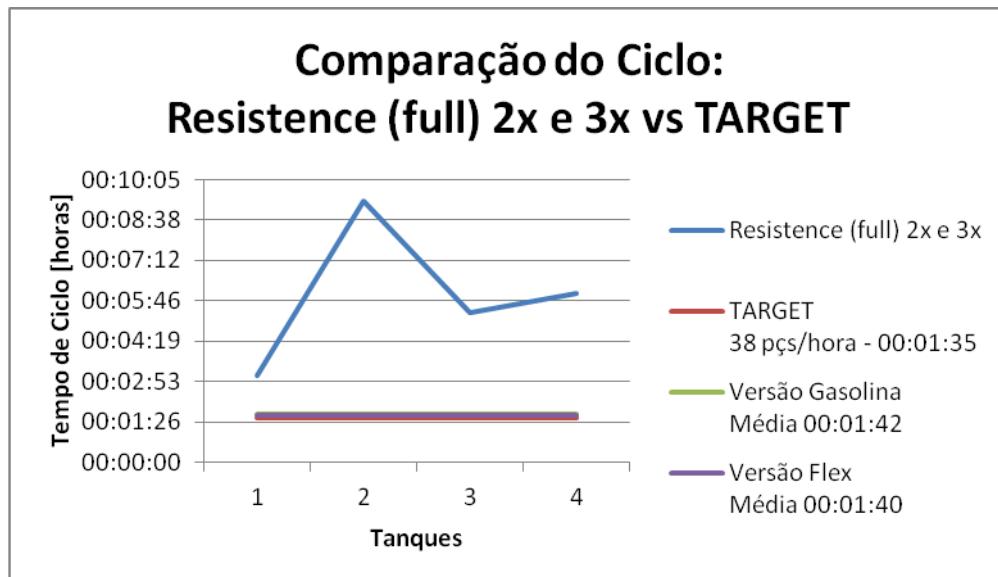


Figura 31: Ciclo de operação com mais de uma repetição de teste de cheio com relação ao target.

Comparando-se os dois gráficos, verifica-se que ambos apresentam valores maiores que o *target* como esperado. Além disso suas médias de ciclo 3min e 4seg e 5min e 57 seg são superiores as médias encontradas na repetição de

torque. Isso pode ser explicado não somente pelo fato das operações serem diferente, mas pelo fato delas serem executadas em série. Ou seja, a cada vez que a operação de teste de cheio é realizada, deve-se refazer também a operação de torque. Trata-se de um efeito acumulativo.

A mesma análise que será realizada considerando o torqueamento e o tempo total de execução da operação pode ser realizada para o teste de cheio, neste caso esta operação foi executada 8177 vezes totalizando 229h e 25min.

4.3.3 Operação repetida de teste de vazio (teste da bomba)

O teste de vazio é o seqüencial do teste de cheio, então assim como o teste de cheio tem caráter acumulativo com relação ao torque, o teste de vazio terá o acúmulo das operações de torque e teste de cheio em seu ciclo no momento de verificar a operação repetida. Ou seja, no torque a operação que se repete é apenas o torque, no cheio se repete o torque e o cheio e no vazio se repete o torque, o cheio e o vazio novamente. Os gráficos a seguir mostram a comparação entre os ciclos de produção com relação aos valores encontrados para os ciclos de operações repetidas de teste de vazio.

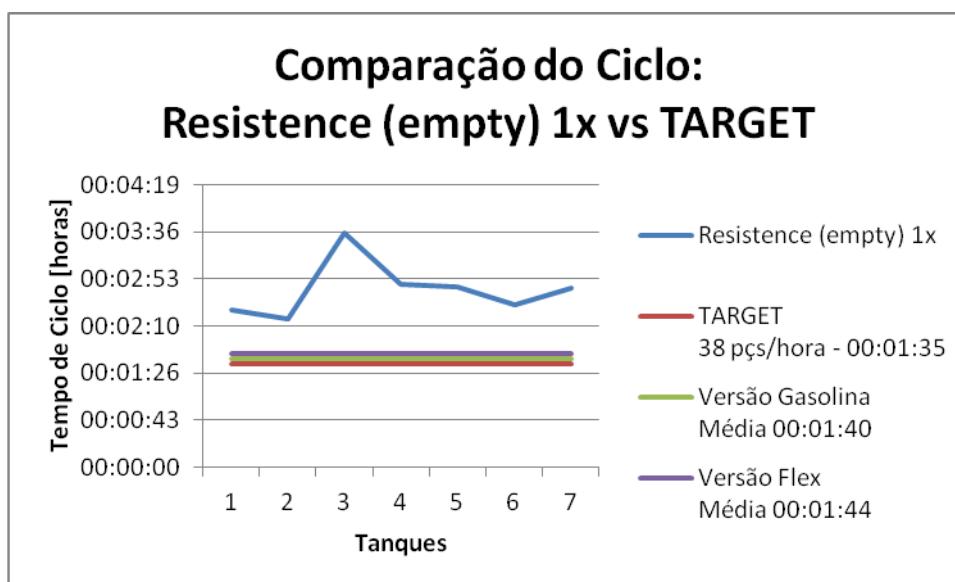


Figura 32: Ciclo de operação com uma repetição de teste de vazio com relação ao target.

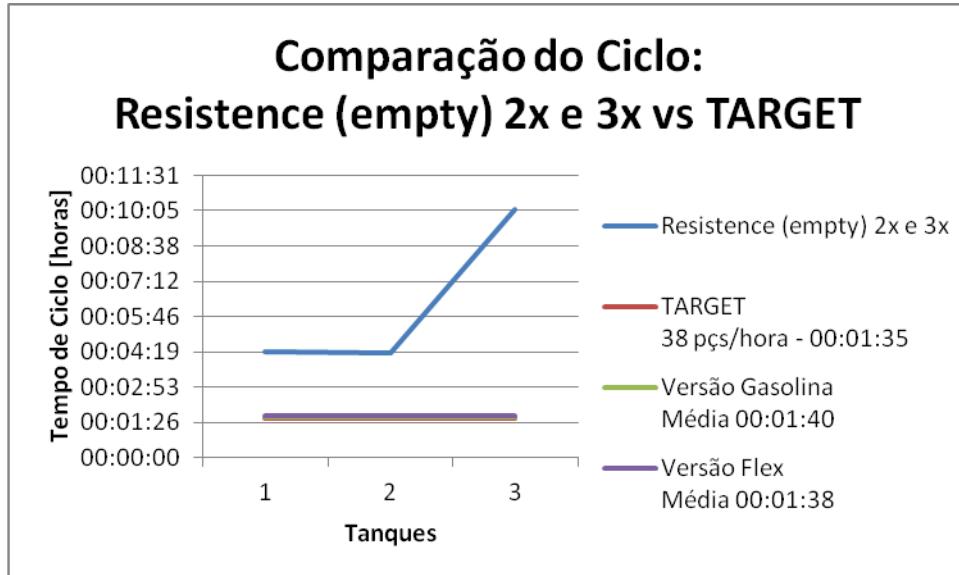


Figura 33: Ciclo de operação com mais de uma repetição de teste de vazio com relação ao target.

Assim, o total de operações de torque é subtraído de 122 unidades totalizando 8043 operações que apresenta uma média de 227h e 53 min.

Como citado nas seções 4.3.1 e 4.3.2, o impacto do atraso direto na produção pode ser contabilizado visto que os dados das três operações desta estação já foram apresentados.

Inicialmente, o valor encontrado de cada ciclo considerando torquemaneto, teste de cheio e teste de vazio; respectivamente 225h e 45 min, 229h e 25min e 227h e 53min, justifica-se pela diminuição do número de operações em cada uma dessas estações: 8165, 8077 e 8043 respectivamente e pelo fato de se tratar de operações distintas. Entretanto o tempo de ciclo dessas estações podem ser considerados iguais dado os desvios padrões verificados para cada média e pelo fato lógico de contabilizarem as mesmas operações em condições normais de produção (sem retrabalhos ou operações repetidas). Assim, verificamos que o impacto da soma dos atrasos diretos de cada operação pode ser comparado com a média dos tempos totais de produção que gera o valor de 227h e 39min. A soma dos atrasos diretos contabiliza 2h 49min e 14seg impactando em quase 1,25% do tempo total da estação para o mês de Outubro de 2015.

Embora o impacto no tempo não seja elevado, essa análise mostra uma tendência de problemas de qualidade que poderão resultar em um aumento de peças defeituosas na produção.

4.3.4 Operação repetida de teste de estanqueidade.

A análise do tempo de ciclo na estação da estanqueidade pode ser visualizada no gráfico a seguir:

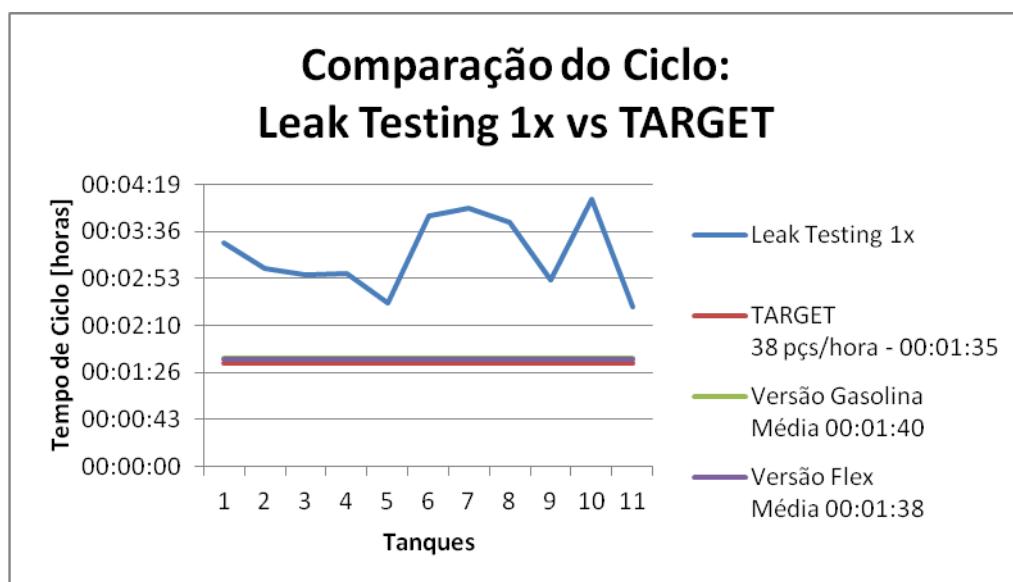


Figura 34: Ciclo de operação com uma repetição de teste de estanqueidade com relação ao target.

Nesta operação uma falha acarretaria no descarte imediato do tanque, porém existem casos em que a vedação do tanque não foi eficaz, ou o tanque apresentou uma má vedagem em torno da bomba ou mesmo o operador não conectou de maneira efetiva as mangueiras de vedação no tanque o que gera a formação de bolhas. Foi discriminado que todos os casos o operador refez a operação mas registrou a estanqueidade com o status de “OK”. Isso ocorre pois o tanque não foi reprovado pela montagem mas pela operação realizada de maneira equivocada gerando um falso negativo. Porém, isso acarreta em uma não discriminação pelo CAQ de operações repetidas nestes casos.

A média mostrada das operações de repetição do teste de estanqueidade foi a maior encontrada considerando uma repetição, atingindo o valor médio de 4min e 6seg por operação contra 1min e 35 seg do target. O impacto no atraso da produção foi de 19min e 14seg dos 11 tanques que sofreram a operação repetidas contra 8062 operações realizadas nesta estação no mês de Outubro de 2015 totalizando 221h e 42min de operação. O percentual é de 0,15% de impacto direto no tempo de produção. Embora o impacto não seja diluído quando comparado a produção total, a análise mostra uma tendência negativa de não identificação de retrabalho pelo CAQ da peça quando a operação é realizada de maneira inadequada.

4.4 EFICÁCIA DO CAQ

Foram discutidas na metodologia as limitações quanto ao registro que o CAQ realiza das peças e o status que dá a elas em sua planilha geral.

Os resultados obtidos mostram que os registros de peças não conformem não é de maneira eficaz identificado pelo CAQ. Das 169 peças interceptadas, o CAQ registrou como NOK a peça utilizada para testar o *Poka-Yoke* (dispositivo a prova de erros) da máquina, o padrão negativo (red rabbit), da linha que é uma peça propósitamente defeituosa que verifica se o *Poka-Yoke* está detectando peças defeituosas.

Quanto ao retrabalho e as operações repetidas, temos a seguinte análise geral de eficácia na detecção dessas peças pelo CAQ:

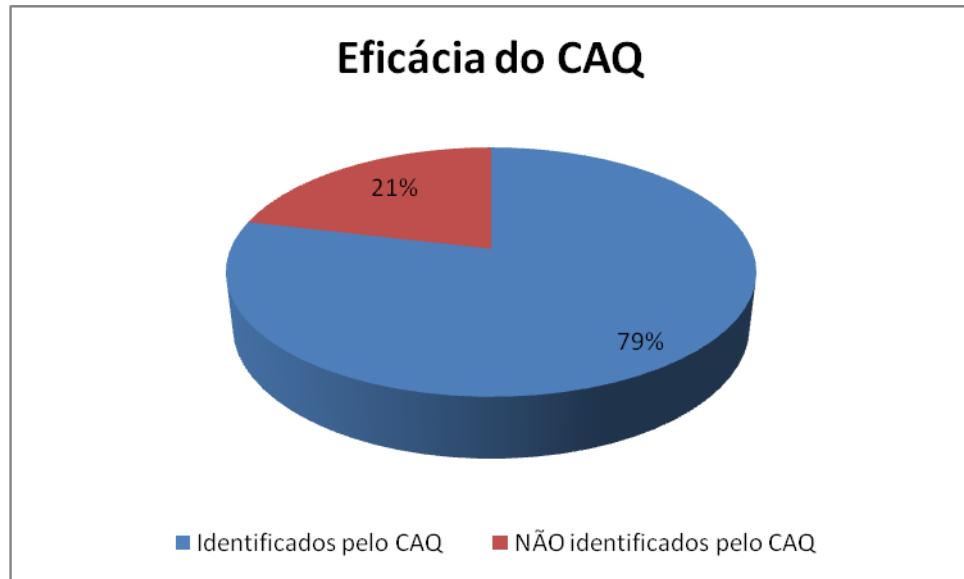


Figura 35: Eficácia geral do CAQ na detecção de peças que sofreram retrabalhos e operações repetidas.

A fim de discriminar as principais operações que o CAQ mostrou-se não muito eficaz em detectar, tem-se o seguinte grafico comparativo:

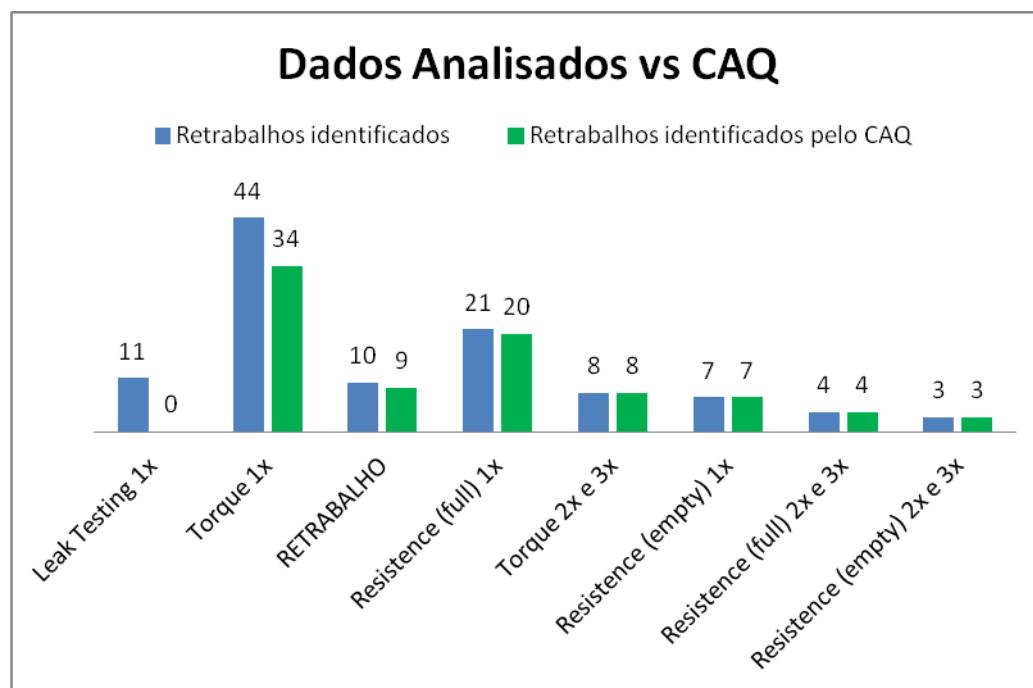


Figura 36: Tanques analisados versus tanques discriminado pelo CAQ.

Verifica-se que a operação repetida da estanqueidade a detecção foi nula, isso ocorre pelo fato de todos os casos estudados apresentaram erro de método de operação de teste e não reprovação da peça. Porém, vale ressaltar que a boa

prática estabelece que mesmo o tanque não tendo sido rejeitado, deve-se mostrar como NOK a execução do teste mesmo que isso acarreta em um tempo maior para repetição da operação.

O segundo maior problema detectado está relacionado ao torqueamento, isso ocorre visto que a ocorrência de retrabalho desta operação é significativa com relação as outras e quando uma o teste de cheio ou vazio falham o torque é repetido o que aumenta a probabilidade de erro nesta operação.

4.5 PLANO DE AÇÃO

A partir das análises realizadas, verificou-se a necessidade de montar um plano de ação para a correção dos problemas e potenciais falhas de produtos apontadas, assim como com relação ao mecanismos de discriminação do registro de dados registrados em cada estação.

Assim, a partir das mais frequentes operações repetidas pode-se traçar um plano de ação para melhoria da qualidade do produto como mostra o gráfico de Pareto a seguir:

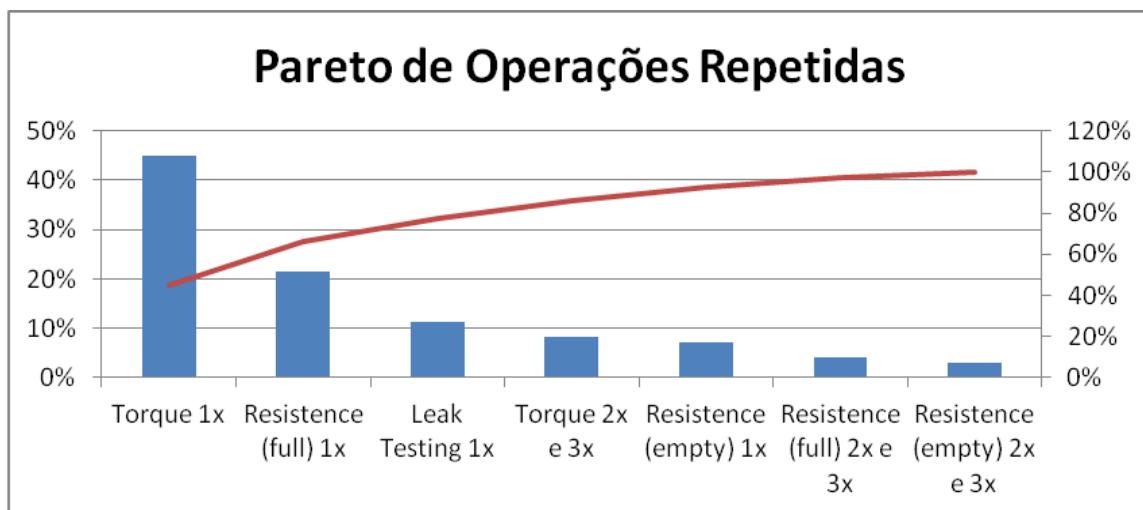


Figura 37: Pareto das características de operações repetidas

A partir do gráfico mostrado, verifica-se que pelo menos as três principais características devem ser estudadas soluções e medidas para diminuição de suas ocorrências. O torque (uma repetição), o teste de resistência (cheio) e a operação

repetida no teste de estanqueidade representam as tendências a serem estudadas soluções de melhorias:

- Torque (uma repetição): pode-se inicialmente verificar com os operadores quais as dificuldades encontradas durante o processo de torqueamento, assim inicia-se a investigação considerando método de torque, a máquina utilizada, a relação entre o componente e o tanque, ao tipo de vedação utilizada e a relação torque/ângulo adotado.
- Neste caso, o teste de cheio pode ser revisto quanto ao método de rotação do tanque na realização do teste (velocidade, sentido de giro), verificação apurada do componente bomba utilizada assim como a efetividade na movimentação da haste indicadora de nível de combustível no tanque, a dificuldade e método de resolução utilizado pelos operadores de linha no momento de retrabalho.
- O teste de estanqueidade pode ser revisto quanto ao treinamento dos operadores em realizar o processo, a análise mais detalhada da real causa da repetição da operação na maioria dos casos e realinhamento quanto a normas e procedimento de teste nesta estação.

Com relação a eficácia de discriminação pelo CAQ do *status* dos tanques analisados, pode-se destacar as seguintes ações:

- Verificar a possibilidade com os responsáveis por modificações no software em utilizar uma lógica de verificação sequencial das etiquetas para identificação de peças interceptadas, ou que por algum motivo não chegaram a estação seguinte.
- Adicionar a lista de retrabalhos gerada peças que sofrerem operações repetidas mesmo que seja registrado como operação OK.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho discriminou os retrabalhos da produção do tanque Toyota considerando a produção do mês de Outubro de 2015. A realização do trabalho envolveu o conhecimento detalhado do processo de produção do tanque, das características críticas do processo e do sistema de registro de dados (CAQ). Esses conhecimentos mostraram-se necessários para uma efetiva análise de dados coletados do sistema de registro e elaboração do plano de análise que mostrou-se mais eficaz que a lógica que o próprio programa utiliza para discriminar os dados coletados.

Dos resultados obtidos verificou-se necessário a abordagem de 80% dos problemas de operações repetidas que são torque (uma operação), teste de cheio (uma repetição) e teste da estanqueidade (uma repetição). A partir desta análise pode realizar o plano de ação para início de resolução dos problemas destacados.

Outro plano de ação de caráter global, foi elaborado baseado na análise de eficácia do sistema de registro de dados d alinha de montagem, a efetividade de 71% pode ser aumentada para praticamente 100% se forem seguidas as devidas medidas quanto a análise de dados registrados.

Enfim, o presente trabalho pode ser visto como plataforma para análise de outros produtos assim como comparação entre produtos iguais mas manufaturados em plantas diferentes, como é o caso dos tanques Ford B299 e B562 que são idênticos mas mudam de numeração pois são montados em locais diferentes, sendo o primeiro realizada a montagem dentro da planta de desenvolvimento de produtos localizada em Guararema e a outra dentro do complexo da montadora Ford em Camaçari na Bahia.

6 REFERÊNCIAS

BECKER, Juan M. Jauregui; BORST, Jesper; VAN DER VEEN, Abele. Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2015.

BUSINESS CAQ. Disponível em
<http://www.kautex.de/aboutkautex/quality/business-caq/>. Acesso em: 10 out. 2015.

BUTLER, Kelley; LIPKE, Walter. Software Process Achievement at Tinker Air Force Base, Oklahoma. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 2000.

CASS, Aaron G.; SUTTON JR, Stanley M.; OSTERWEIL, Leon J. Formalizing rework in software processes. En Software Process Technology. Springer Berlin Heidelberg, 2003. p. 16-31.

DAVIS, Mark M.; CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J. Fundamentos da administração da produção. Bookman, 2001. Ok Ramalho Cortês (2005),

DIAZ, Michael; KING, Jeff. How CMM impacts quality, productivity, rework, and the bottom line. CrossTalk, v. 15, n. 3, p. 9-14, 2002.

DURSKI, G. R. Avaliação do desempenho em cadeias de suprimentos. Revista FAE, Curitiba, v.6, n.1 jan./abr., 2003, p.27-38.

First CeBASE eWorkshop: Focusing on the cost and effort due to software defects. NSF Center for Empirically Based Software Engineering, Mar. 2001. Disponível em:
<http://www.cebase.org/www/researchActivities/defectReduction/eworkshop1/>. Acesso em: 08 out. 2015.

FUENTES, Fernando Félix Espinosa. Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial. 2006. Tesis Doctoral. Universidade Federal de Santa Catarina.Bariani & Del'Arco Júnior (2006)

HALEY, Tom, et al. Raytheon Electronic Systems Experience in Software Process Improvement. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 1995.

ISO/TS 16949. Quality Management Systems – particular requirements for the application of ISO 9001: 2000 for automotive production and relevant service part organizations. 2a . ed., 2002

LAKHE, R. R.; MOHANTY, R. P. Total quality management: concepts, evolution and acceptability in developing economies. International Journal of Quality & Reliability Management, 1994, vol. 11, no 9, p. 9-33.

MARTINS, R & NETO, P. Indicadores de desempenho para a gestão da Qualidade Total: uma proposta de sistematização. Gestão e Produção, v.5, n.3, 1998, pp. 298-311

PAIXÃO, J. C. & CARDOSO, C. & LOURENÇO, M. A. Algumas reflexões sobre a qualidade em serviços de documentação, informação e arquivo. Revista do Tribunal de Contas, nº 44 Agosto, 2005, pp 631- 707. ISO/TS 16949 (ABNT, 2002),

RAMALHO CORTÊS, M.SC. - Departamento de Engenharia de Produção e Têxtil do Centro de Tecnologia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Campus Universitário – Natal/Rn 2005

RUS, Ioana; LINDVALL, Mikael. Guest editors' introduction: Knowledge management in software engineering. IEEE software, 2002, no 3, p. 26-38.

TAKASHINA, N. T. & FLORES, M. C. X. Indicadores da qualidade e do desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

7 ANEXOS

ANEXO 1 – Fluxograma de instrução de tratativas de produtos não conformes.

Responsabilidade	Passo a Passo do Processo	Atividades/Verificações
<p>Líder da Qualidade Operador Team leader Operador Team leader Operador Team leader Operador Team leader</p>	<p>Início</p> <p>Retrabalho como parte de um cliente de triagem ativo?</p> <ul style="list-style-type: none"> SIM: Ação de Seleção do Cliente, Seleção (Inspeção) NÃO: 1. Produto(s) em área dedicada (retrabalho) <p>Desmontagem necessária?</p> <ul style="list-style-type: none"> SIM: 2. Produto desmontado, Início do retrabalho NÃO: 3. Correção dos defeitos <p>Defeito corrigível?</p> <ul style="list-style-type: none"> SIM: Redefinição de retrabalho, 5. Retornar com o produto para o posto de retrabalho e realizar retrabalho. NÃO: 4. Preencher etiqueta vermelha, colar na peça e segregar no rack vermelho <p>Fim</p>	<p>1a: Produto identificado. (Padrão de marcação) 1b: Coletar & Verificar status do CAQ. 1c: Verificar (elétrica) informação sobre defeito Boas Práticas KBK</p> <p>2a: Início da Produção para retrabalho/desmontagem 2b: Limpeza! 2c: Instrução para componentes desmontados 2d: Atualização do ERP (Componentes) 2e: Status do CAQ para ser atualizado para ser reincorporado no processo serie</p> <p>Identificação do produto, defeito, tipo de ação, estação de onde</p> <p>3a: Início de produção para retrabalho (definição global)</p> <p>4. Construção completa da história do CAQ</p> <p>Informação do CAQ inclui informações de retrabalho</p> <p>Verificação histórica?</p>

ANEXO 2 – Alerta da Qualidade para identificação de produtos reprovado e bloqueados.

KAUTEX
A Textron Company

!!! ALERTA DA QUALIDADE !!!

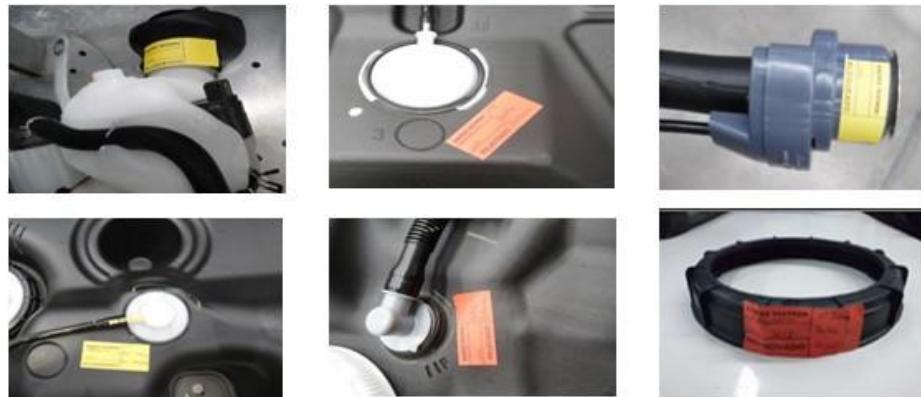
! Garantir a identificação e armazenamento de componentes/tanques reprovados ou para retrabalho !

1. Preenchimento da etiqueta;

 A Textron Company DATA ____ / ____ / ____ LOTE _____ BLOQUEADO	TURNO <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º
	Nº / NÃO CONFORMIDADE

 A Textron Company DATA ____ / ____ / ____ LOTE _____ REPROVADO	TURNO <input type="checkbox"/> 1º <input type="checkbox"/> 2º <input type="checkbox"/> 3º
	Nº / NÃO CONFORMIDADE

2. Identificação do tanque ou componente;



3. Armazenamento ou descarte;



Obs: verificar procedimento para identificação de peças NOK em cada uma das unidades de armazenamento ou descarte