

# POTENCIAIS MELHORIAS EM PROCESSO DE ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA NA MANUFATURA DE UMA EMPRESA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

## POTENTIAL IMPROVEMENTS IN THE PROCESS OF ENGINEERING CHANGES IN THE MANUFACTURE OF AN AGRICULTURAL MACHINERY COMPANY

Felipe Müller Brenner – [felipembrenner@gmail.com](mailto:felipembrenner@gmail.com)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil  
Wagner Pietrobelli Bueno – [wbpietro@outlook.com](mailto:wbpietro@outlook.com)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil  
Tarcísio Abreu Saurin – [saurin@producao.ufrgs.br](mailto:saurin@producao.ufrgs.br)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

**Resumo:** Com a dinâmica constante de novas necessidades em um produto, é normal que ao longo do ciclo de vida de um produto sua estrutura não permaneça sempre a mesma. Com novas demandas por redução de custo, adaptação à legislação vigente e melhoria de produto, é natural que uma organização precise alocar recursos para analisar, planejar e implementar alterações em seus produtos e processos. Quanto maior a organização, maior o número de funcionários alocados para esse tipo de função e mais complexa se torna a execução de um processo ágil, sem ocorrência de falhas que prejudiquem a manufatura. Com uso da metodologia de análise de documentos e observação participante, esse artigo tem como objetivo identificar a sequência necessária para implementação de alteração em uma linha de montagem de tratores e, assim, gerar uma lista de observações quanto a potenciais melhorias do processo. Para validação das observações, foi elaborado questionário fechado a ser aplicado com os funcionários, identificando quais das observações tinham maior potencial para desenvolvimento de proposta de melhoria. Como resultados, foi possível levantar processos com potencial de melhoria para redução de perdas de processo.

**Palavras-chave:** Processo de alteração de engenharia, melhoria de processos, análise de documentos, observação participante.

**Abstract:** With the constant dynamics of new needs in a product, it is normal that its structure does not always remain the same. With new demands for cost reduction, adaptation to the current legislation and product improvement, it is natural for an organization to allocate resources to analyze, plan and implement changes to its products and processes. The larger the organization, the greater the number of employees allocated to this type of function and the more complex the execution of an agile process without the occurrence of failures that affect the manufacture. Using the methodology of document analysis and participant observation, this article aims to identify the sequences needed to implement change in a tractor assembly line and thus generate a list of observations regarding potential process improvements. To validate the observations, a questionnaire was developed to be applied with the employees, identifying which of the observed observations had the greatest potential for the development of an improvement proposal.

**Keywords:** Engineering Changing Process, Process Improvement, Document Analysis, Participant Observation.

# 1. INTRODUÇÃO

Considerando a natureza do processo de produção e os elementos que envolvem a concepção de um produto, sabe-se que a competição, políticas econômicas, clientes, fornecedores, novas tecnologias e outras incertezas com impacto no processo acabam por influenciar fatores competitivos de uma organização (Belfort, 2007). Uma vez considerados os dinamismos dos fatores que influenciam as atividades de produção, entende-se que alterações em uma linha de manufatura ou projeto de engenharia são praticamente inevitáveis quando se trata de acompanhar a entrada de novos fatores inerentes às responsabilidades de uma organização no contexto geral (Brighenti, 2006). Esta visão é relatada por Ho (1994) quando afirma que as alterações são um processo inerente a busca pela competitividade e manutenção, seja pela incorporação de avanços tecnológicos ou pelo desenvolvendo de vantagens competitivas em relação a outros concorrentes em um mesmo segmento de mercado.

A alteração de um processo ou produto acaba por ser um evento com grande probabilidade de ocorrência, influenciando diversos setores da empresa e envolvendo atenção de grande parte dos profissionais das respectivas áreas (Thomé 2015). Esse processo foi caracterizado por Benedetto e Trabasso (1997) ao afirmar que toda vez que existe a necessidade de modificação de um produto por parte de uma empresa de manufatura, esta modificação é efetivada pelo processo de alteração de engenharia, também conhecido por *Engineering Change* (EC).

Uma vez identificada a necessidade de alteração ao longo do ciclo de vida de um produto, seja pela troca de uma peça, alteração de fornecedor ou adaptação a novas legislações, a incorporação de um processo e alocação de recursos para acompanhamento do mesmo pode ser vista facilmente como um retrabalho dentro da empresa (Zauli et al; 2016). Contudo, entende-se que toda a mudança é também uma possibilidade de melhoria. Ambas as afirmações são sustentadas por Wright (1997) “ECs podem até parecer algo a ser evitado, mas não há dúvidas de que elas também fornecem um mecanismo para melhoria do produto”.

Uma vez que a necessidade de alteração inerente em um processo é percebida como uma oportunidade de avanço em diferenciais competitivos, é preciso verificar o quanto o processo de alteração é contemplado no fluxo de atividades de

uma organização e, sendo assim, buscar ferramentas que auxiliem o acompanhamento e a garantia do uso das melhores práticas para implementação das propostas levantadas (Viana et al; 2013). Essa afirmação deveria passar por um processo formal previamente estabelecido. Além disso, é preciso minimizar a necessidade de trabalho de mudança de processo a fim de evitar retrabalhos (Campos et al; 2011).

A implementação do conceito de mudança de engenharia é muito importante para que as informações que envolvem as etapas de EC sejam acompanhadas com o objetivo de garantir o sucesso da EC e verificar possíveis falhas no sistema. Segundo Isanaka (2016) afirma que quanto maior o número de componentes inseridos na linha de montagem haverá um aumento significativo de problemas de alinhamento, impactando diretamente nos requerimentos necessários para a manufatura. Desse modo, identificar uma falha de processo é uma oportunidade para gerar melhoria tornando o processo mais ágil e com menor custo de execução (Müller et al; 2010).

A proposição de pesquisa relatada neste trabalho envolve compreender quais são os passos estruturados no processo de alteração de engenharia utilizado pela manufatura da empresa em estudo quando realizada uma alteração na linha de montagem. Além disso, o trabalho se propõe a identificar potenciais oportunidades de melhoria, identificando no processo etapas que podem sofrer ação por parte da empresa a fim de reduzir perdas por custo e retrabalho.

Para este artigo, foi aplicado um estudo de caso, onde questionários fechados foram aplicados a funcionários diretamente ligados a implementação de alteração de engenharia da linha de montagem do setor de manufatura. Junto a essa abordagem, foram aplicadas técnicas de observação participante e análise de documentos. Como resultados das informações levantadas, foram identificadas oportunidades de melhoria de processo que podem ser aplicadas diretamente na operação de alteração de engenharia da manufatura da fábrica.

O artigo se apresenta inicialmente pela introdução, que contextualiza a área de atuação e o objetivo do estudo, seguindo pelo referencial teórico que apoia com abordagens aplicadas de resolução de problemas similares. As seções seguintes

abordam os passos da metodologia aplicada, os resultados obtidos e, finalmente, as conclusões observadas após análise e discussão do estudo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção serão abordados fundamentos de Gerenciamento de Alteração de Engenharia. Primeiramente, serão apresentadas definições relacionadas ao tema abordado, contextualizando a importância da alteração de engenharia, seu conceito e como estes se relacionam. Na sequência, são abordadas as origens da necessidade de alteração em um ambiente de trabalho. No terceiro tópico busca-se compreender os impactos da alteração de engenharia no processo e produto de uma organização.

### **2.1 CONTEXTO DO PROCESSO DE ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA E ORIGEM NA ROTINA DE TRABALHO**

As constantes modificações que envolvem um projeto levam a necessidade de elaboração de um processo para modificar um produto existente. A definição de Wright (1997) diz que *Engineering Changes* são modificações em um componente e produto somente após o produto entrar em produção.

É possível relacionar este conceito com as necessidades de uma fábrica de substituir itens em seu produto para assegurar a qualidade para seus clientes. Esse conceito também é apoiado por Corrêa e Gianesi (1993), por Mallick et al.(2013) e por Subrahmanian e. al.(2015), quando dizem que a estratégia de produção busca um padrão de decisões da organização dos recursos de produção a fim de atingir o objetivo principal que é o aumento da competitividade.

Podemos citar como exemplos para a necessidade de alteração desde inovações tecnológicas até novas necessidades legais como alteração de legislação vigente. Esse tipo de alteração afeta diretamente o consumidor final assim como citado por Slack et al. (2009) ao afirmar que existem cinco objetivos de desempenhos que a produção procura desenvolver para satisfação de seus clientes: custo, qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade.

No caso envolvendo normas e obrigações legais, a confiabilidade e flexibilidade são critérios muito ligados às alterações de engenharia visto que refletem diretamente a resposta de uma empresa a uma necessidade de adaptação. Corrêa e Slack (1994) confirmam esta ideia uma vez que a flexibilidade está relacionada com o período de tempo que uma empresa leva para se adaptar. Gerwin (1993) colabora com essa visão e adiciona que o gerenciamento de alteração deve estar observando constantemente as incertezas existentes no mercado de produtos ou processo industrial.

Todas essas necessidades de adaptação dos produtos de uma manufatura precisam estar constantemente sendo revistos e melhorados, tal como apontam Hanfield e Pannesi (1992) ao concluírem que investimentos no aprimoramento de processos podem melhorar a confiabilidade quando incrementada por meio de um melhor planejamento. Contudo, é preciso frisar que este processo não ocorre somente com planejamento estratégico e organização de processo, pois a grande possibilidade de diferentes tipos de alteração acontecerem exigem recursos humanos para sua operação e gerenciamento, tal como afirma Greenhalgh (1991), traz a ideia de que não é somente a tecnologia de processos que deve ser considerada na estratégia de produção, mas também as pessoas envolvidas, como gerentes supervisores e operadores.

## **2.2 ORIGENS E IMPACTOS DO USO DE PROCESSO DE ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA**

Verificou-se como a alteração de engenharia se faz necessária para o envolvimento de identificar e propor características estratégica, focalizando um problema por meio da rotina de trabalho, construído em um ambiente manufatureiro. Krishnamurty e Law (1995) dizem que “até mesmo a melhor engenharia não seria suficiente para desenvolver um item que não necessite de modificações durante seu ciclo produtivo”. Exemplos deste tipo ocorrem por questões envolvendo troca de fornecedor, troca de legislação, redução de custos ou melhoria de qualidade. Eckert et al. (2004) relatam que estas questões podem estar ligados ao produto de forma direta como mudanças relativas a erros, requisitos de segurança, ou até por questões envolvendo departamento de qualidade, não esquecendo fatores

provenientes de origens externas como solicitações de clientes ou até mesmo fornecedores.

Mesmo com a verificação de necessidade de ocorrência de alterações em um produto, é possível que muitas organizações dissertam sobre como um processo importante, eventualmente, não alocando devidos recursos para sua operação. Benedetto e Trabasso (1997) citam que ECs requerem gerenciamento para serem feitas de maneira efetiva. Lyon (2000) e Barbalho et al. (2016) dizem que a implementação de alteração de um determinado projeto deveria passar por um processo formal previamente estabelecido “Os principais benefícios do efetivo EC relatados estão relacionados com a melhoria da comunicação entre os envolvidos com o processo, o registro de um histórico de projeto, a rastreabilidade das mudanças, e uma melhor qualidade das informações utilizadas”.

Desse modo, seria interessante verificar quais as consequências de utilização um processo formal. É preciso desenvolver um modelo confiável para sua operação, tal como escrito por Pikoze e Malmqvist (1998) e por Jarrat (2011) quando dizem que um modelo para o gerenciamento se faz necessário, pois mudanças executadas sem a utilização de um processo formal podem propiciar documentos incorretos ou incompletos, impactando estágios posteriores do produto. Casos onde documentos podem ser gerados de maneira incorreta estão relacionados a pontos de corte de identificador de produto, controle de estoque, comunicação e atualização de desenhos.

### **2.3 A ALTERAÇÃO DE ENGENHARIA COMO UMA OPORTUNIDADE DE MELHORIA**

É comum que a necessidade de alterar um produto seja visto como retrabalho, logo, perda do processo produtivo. Contudo, dada à necessidade de alterar, bem como de alocar recursos para isso, pode-se aproveitar a oportunidade para substituir componente por outro que torne o produto mais competitivo, agregando valor e aumento a satisfação do cliente. Chucholowski et. al. (2012) verificou que a melhoria do gerenciamento de mudança de engenharia pode aumentar potencialmente sua competitividade e que universidades e indústrias precisam de uma cooperação para atingir este objetivo.

Em relação ao processo envolvendo alteração de um produto, é uma sequência de operações que ocorrem fora da linha de montagem, em atividades de apoio a manufatura (Dias, 2006). Harrington (1997) define que um grupo de tarefas interligadas logicamente utilizando recursos da organização para gerar os resultados definidos pode ser definido como processo, ideia sustentada por Li (2012). Esse processo, por mais que esteja implementado, sempre possui margem para melhorias, conforme indica Wasmer et al. (2011).

Uma ferramenta para esse evolução é o mapeamento de processos tal como descrito por Anjard em (1996) ao citar que mapear processos significa identificar, documentar, analisar e desenvolver um processo de melhoria. Anjard (1996) continua a afirmar que a representação visual gerada pelo mapeamento de processos mostra *inputs* e *outputs* de um processo, assim como as tarefas e suas inter-relações, proporcionando um novo pensamento de como o trabalho é realizado e, principalmente, apontando pontos mais cruciais para melhoria do processo abordado.

### **3. METODOLOGIA**

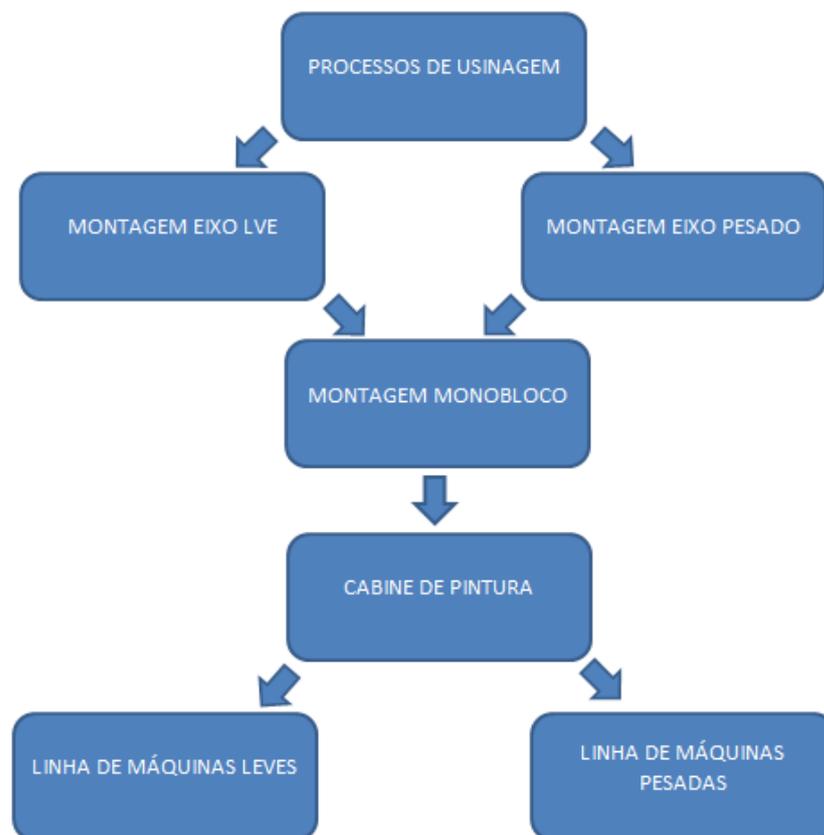
A primeira etapa do processo metodológico consiste em caracterizar o ambiente de trabalho, definido pela empresa e seu método de produção, para maior entendimento do local de estudo onde o método será aplicado. Na sequência, o método de trabalho é definido conforme sua natureza de pesquisa, de acordo com as normas da literatura, finalizando com as etapas do trabalho proposto.

#### **3.1 ESTUDO DE CASO**

O trabalho foi realizado em uma empresa montadora de máquinas agrícolas com sede localizada no Rio Grande do Sul. A planta de produção consiste de mais de mil pessoas e trabalha majoritariamente em único turno, com exceção de algumas áreas como, por exemplo, o setor de usinagem. Nesta unidade, são produzidos diversos tipos de máquinas agrícolas, principalmente tratores e pulverizadores, em uma escala consideravelmente maior para os veículos de tração. Atualmente, são produzidos aproximadamente 50 tratores por dia considerados de potencia leve, até 100cv, sete tratores por dia de potências consideradas pesadas e um pulverizador por dia.

O trabalho realizado se concentrou na linha de montagem da fábrica, onde o processo alteração é finalmente implementado e o produto passa a ser montado de maneira diferente após a alteração de engenharia. É justamente nesse momento de encontro entre o processo administrativo de elaboração de uma alteração e sua adaptação a linha de montagem que ocorrem dissensões com potencial para uma ação de melhoria.

Figura 1 – processo da manufatura da fábrica



O processo produtivo da unidade pode ser dividido em cinco processos de uma linha de montagem, conforme figura 1. A primeira etapa é constituída pelo setor de usinagem onde peças oriundas de fornecedores precisam de processamento específico dentro da planta. Em seguida são feitas as montagens dos eixos dianteiros e traseiros, sendo estes montados em áreas distintas. Após, é feita a montagem do monobloco, onde os eixos são acoplados na carcaça central de transmissão formando a unidade base dos tratores, chamados de “monoblocos”. Estes seguem para uma cabine de pintura e posteriormente são divididos em duas

linhas de montagem de acordo com as potencias respectiva de cada modelo produzido, tratores de potência leve e tratores de potência pesada.

Ao longo do ciclo de vida do produto, peças e montagens estão constantemente em alteração, seja por troca de fornecedor, problema de quebra em situação de campo ou necessidade de redução de custos. Para estas atividades de alteração, a empresa conta com um grupo de alteração de engenharia, composta por funcionários de diversos setores da empresa como compras, qualidade, engenharia de produto, engenharia de manufatura e logística, que se preocupam com todas as etapas do processo para garantir a qualidade do produto no momento de troca de itens na instalação de montagem.

Este tipo de atividade tem grande ocorrência no fluxo de processos atual da empresa visto que no período de janeiro a novembro de 2017 foram implementadas mais de 400 ECs. Grande parte destas alterações ocorre em decorrência do grande número de novos projetos desenvolvidos pela empresa. Essas inovações têm como objetivo maior de atualizar a empresa em relação a seus concorrentes a fim de satisfazer novas demandas de mercado. O Impacto na linha de produção acaba sendo grande, com o número de peças totais da fábrica ultrapassando 15000 códigos unitários diferentes.

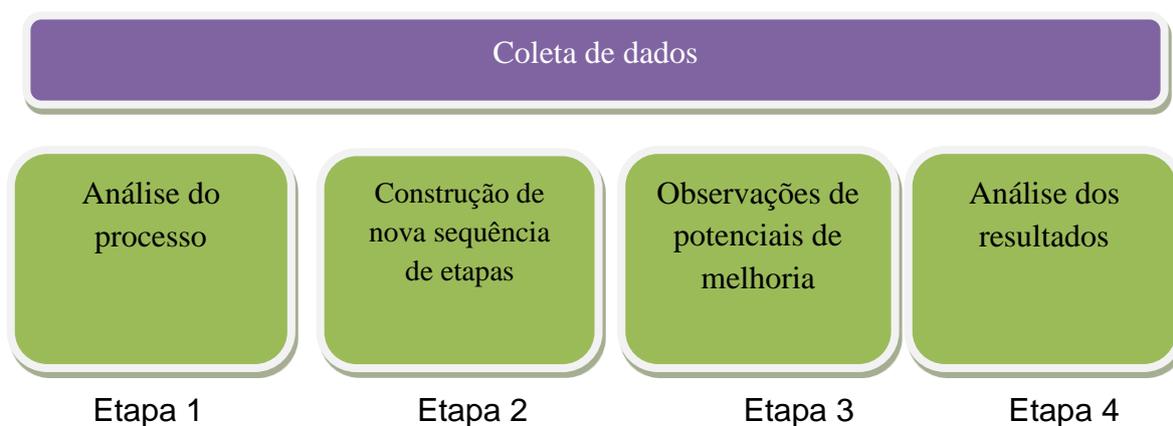
O processo de alteração envolve diversos setores da fábrica, começando pela parte de logística que analisa demandas e estoque, passando pelo setor de compras que avalia a parte de negociação e contrato, passando também pela engenharia de produto que se responsabiliza pelas estruturas de montagem e, no final, pela engenharia de manufatura que analisa a viabilidade de implementação na linha. O foco desse trabalho é exclusivamente na etapa final do processo de alteração, a implementação direta na linha de montagem, onde todos os itens de *inputs* e *outputs* da estrutura estão definidas, as peças tem pedido de produção e é preciso realizar atividades que garantam que as peças serão entregues na linha e que o operador saberá montá-la.

### **3.2 DELINEAMENTO DE PESQUISA**

A metodologia utilizada nesse trabalho segue a proposta de modelos de Law e Kelton (1991). A primeira etapa consiste em analisar o sistema de estudo. A

segunda etapa envolve a coleta de dados para base da proposta de melhoria. Logo na sequência segue a construção da sequência de atividades, com o objetivo de representar a operação real observada. Com isso, foi possível levantar observações com potencial para melhoria que necessitariam de validação por meio de um questionário fechado com os funcionários, o que representa a terceira, estes questionários foram realizado conforme (Tanure, 2013) que utilizaram de uma escala contínua com duas âncoras que tem por objetivo avaliar entre “discordo plenamente” e “concordo plenamente” no qual os respondentes tiveram que aplicar uma nota. Segundo Yin (2005), a entrevista aborda os entrevistados de modo a satisfazer necessidades de investigação da pesquisa, ideia apoiada por Stake (1995), e Creswell (1997). Por fim, a quarta e última etapa, a análise dos resultados Essas etapas podem ser associadas de maneira visual segundo a Figura 2 e são detalhadas na sequência.

Figura 2: Etapas de desenvolvimento do método proposto – Law e Kelton (1991)



A figura 2 apresenta todas as etapas do processo de análise e levantamento de dados sendo parte de um todo que é o procedimento de coleta de informações. Para este artigo foi escolhido o método de estudo de caso, principalmente ligado a três fatores descritos por Yin em 2005: Enfoque no contemporâneo ao invés de fenômenos históricos, tipo de foco de pesquisa, e controle como investigador sobre eventos comportamentais atuais. Um estudo de caso tem as seguintes fontes de origem: análise de documentos, registros em arquivos, entrevistas com foco em observações diretas, observação participante e artefatos físicos Yin (2005). Destaca-se também que, um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um

fenômeno dentro de seu contexto, especialmente quando fenômenos e contexto não possuem limites claramente definidos (Yin, 2005).

Para a coleta de dados, se fez uso observação participante e análise de documentos tais como instruções de trabalho desenvolvidas pela empresa. Foi com esse somatório de análises que foi possível elaborar estratégias que permitissem levantamento de possibilidades de aperfeiçoamento alinhado com as metas do grupo de implementação de alteração de engenharia. Outra importante fonte de coleta de dados foram os resultados dos questionários aplicados ao final da etapa de metodologia.

### **Etapa 1: Análise do processo**

Nesta primeira etapa é necessária a participação na rotina diária da operação de produção. Dessa maneira, é possível entender as etapas do processo de alteração de engenharia, os equipamentos necessários para cada etapa, os recursos utilizados como obrigatórios no desenvolvimento da atividade, dificuldades existentes no sistema atualmente implementado e leiaute de produção. Nesta etapa, é fundamental o uso de observação participante visto que muitas das informações levantadas decorrem da participação diária nas atividades de fábrica, possibilitando a percepção das relações entre recursos reservados para cada tarefa. A etapa é concluída com um esboço de sequência de atividades do processo de alteração de engenharia focado exclusivamente nas atividades necessárias para implementação final de uma alteração na linha de montagem de tratores.

### **Etapa 2: Construção de nova sequência de etapas**

A sequência de etapas proposta foi construída buscando satisfazer todas as necessidades envolvidas no processo de alteração, cuja escolha se justifica pela facilidade de associar as informações levantadas no estudo de modo coerente em termos de aplicação e visualização. A sequência oferece as atividades e recursos necessários para levantar os elementos fundamentais para funcionamento do sistema produtivo, como equipamentos, capacidade, distâncias, tempos de operação e de ociosidade, filas e variabilidades envolvidas. Assim, os dados coletados na etapa anterior podem ser corretamente organizados, garantindo a eficiência do método para a obtenção de resultados.

### **Etapa 3: Observações de potenciais de melhoria**

Nesta etapa são elaboradas observações de operação para identificação de perdas no processo. Estas observações foram desenvolvidas por meio de análise de documentos de engenharia, comparando o procedimento padrão estabelecido pela empresa com as recomendações da literatura para aplicação das atividades. Depois de levantadas estas observações, foi necessário validá-las por meio de questionário fechado aplicado ao grupo, no qual obteve como modelo de aplicação

Para cada observação levantada na pesquisa participante e análise de documentos, foi realizada uma escala contínua com funcionários do grupo de alteração de engenharia focados na implementação direta na manufatura, onde foram identificadas o grau de acordo com as observações levantadas.

De acordo com Pinsonneault e Kramer (1993), a análise pode ser feita com um indivíduo, um grupo, um setor da organização ou a própria organização. Neste caso, foi aplicado questionário fechado exclusivamente com grupo, todos funcionários ligados diretamente na execução de tarefas envolvendo o processo de implementação de alterações de engenharia na manufatura da fábrica. Estes têm pleno conhecimento das atividades necessárias para o correto procedimento demandado e são alinhados com os procedimentos descritos pela empresa. A coleta de dados e os principais resultados revelam a necessidade de melhoria por conta do processo atual.

Para validar o questionário aplicado, foi calculado o *Alpha de Cronbach*, visto que esta é uma maneira de indicar a confiabilidade de medida do questionário, definida por Maroco (2006) como a capacidade desta de ser consistente. É importante ressaltar que não somente a resposta do indivíduo deve ser computada no resultado final, mas também o seu tempo de experiência na empresa, com o objetivo de atribuir um peso maior para as respostas de profissionais com maior experiência.

Os dados coletados foram agrupados e organizados em escala para verificar onde existiria maior potencial de melhoria. É importante separar as atividades que não sejam de responsabilidade direta da manufatura, tal como procedimentos de alteração de engenharia que passam por outros setores tais como compras e engenharia de produto, com a finalidade de analisar somente etapas recorrentes entre os funcionários.

Foi elaborada no artigo a descrição dos dados coletados através das ferramentas de observação e análise de documentos para verificar de que forma

melhorias de processo poderiam impactar diretamente a operação de alterações de engenharia aplicadas no cotidiano da empresa. A abordagem é predominantemente qualitativa.

#### **Etapa 4: Análise dos Resultados**

Os dados coletados foram organizados em duas partes. A primeira é uma nova sequência de atividades do processo de alteração de engenharia contemplando as etapas e recursos necessários para implementação de uma alteração. Nesta nova sequência será possível detectar como outros setores e fatores externos podem influenciar o processo como *inputs*.

Na segunda etapa, a nova sequência proposta serve de apoio para elaboração das ideias resultantes do questionário aplicado. Uma vez listadas as ideias de melhorias, foram organizadas em grau de viabilidade de aplicação e impacto de melhoria.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados obtidos com o trabalho são etapas que resultaram na lista de propostas de melhoria levantadas para o processo. Primeiro foram apresentadas as informações obtidas na análise de processo. Em seguida, foi apresentada construção de novas etapas, resultando em uma nova sequência de atividades do processo de EC. A terceira etapa apresenta uma síntese das possibilidades de melhoria para então apresentar etapa quatro, onde serão apresentados os resultados de questionário fechado aplicado em grupo. Assim, as propostas foram organizadas em grau de prioridade, indicando o que realmente apresenta ganho para fábrica em termos de melhoria de processos.

#### **4.1 ANÁLISE DO PROCESSO**

A etapa de análise desse documento é fundamental para identificar como a organização entende o processo de EC, quais procedimentos são considerados mais relevantes, quais procedimentos não estão bem esclarecidos e também o grau de atualização das atividades frente às necessidades atual do processo.

Os principais documentos de engenharia relacionados aos processos de alteração realizados pela manufatura são os documentos intitulados de “instrução de trabalho”. Estes documentos são elaborados pelos próprios funcionários com o objetivo de padronizar as etapas de análise e implementação de uma EC. É através dessa documentação que os funcionários têm acesso aos conhecimentos necessários para execução das tarefas envolvendo as alterações de engenharia.

A figura 1 do apêndice A apresenta 33 etapas para analisar a alteração de peças apresentada por uma EC e realizar sua respectiva implementação. As instruções de trabalho apresentam, para cada etapa, os procedimentos para realização da mesma, com instruções de acesso as informações no sistema informatizado da empresa ou como acessar o *software* de visualização dos desenhos técnicos de cada montagem de linha. Nesta fase de análise de documentos é possível levantar algumas observações quanto a possibilidades de melhoria para a empresa.

Para a análise de processo envolvendo a pesquisa participante, foram acompanhadas as atividades de implementação de 232 ECs, no período entre novembro de 2016 a novembro de 2017. Foi verificado que o processo inicia quando a alteração teve aprovação prévia de outros setores, como compras, marketing, qualidade e engenharia, recebendo então autorização para implementação na linha de montagem. Nesse momento, o analista de EC recebe o número da alteração e com esse número é possível visualizar as informações necessárias no sistema informatizado da empresa. As informações imediatamente disponíveis são: número de identificação da alteração, filial onde irá ocorrer, data da solicitação, data de implementação, responsável da engenharia, solicitante, funcionário atualmente encarregado em dar sequência ao processo, produtos afetados e instalações afetadas. Nesse momento pode ser feita uma observação quanto às informações fornecidas, pois muitas são preenchidas manualmente e não pode ser consideradas como uma informação absolutamente correta.

Da mesma forma acontece com as informações fornecidas pelo documento de EC disponibilizado pelo sistema informatizado da empresa, principal fonte de informações para alteração de uma EC, onde este trabalho buscou identificar e atualizar a sequência de ordens e etapas para então, implementar a alteração de engenharia por meio de uma nova proposta de melhoria do contexto característico

dos processos de modo mais ágil. Muitas das informações acabam não sendo bem apresentadas, com informações incompletas ou até mesmo ausentes, levando a retrabalho no processo para obter a informação correta.

Para fazer a análise de uma EC, é preciso reorganizar a forma como os itens são apresentados no sistema informatizado da empresa. A aplicação prática de uma alteração envolve uma montagem de linha e por isso é preciso identificar cada item que foi removido e qual o seu respectivo substituto. Assim, é necessário compreender corretamente quais itens estão sendo removidos de uma montagem e quais peças estão entrando no seu lugar, tarefa que se torna mais complexa quando se faz uso da forma que a lista de peças é apresentada no sistema. Uma vez reorganizada a lista de peças, é preciso verificar quais modelos são afetados pela alteração. Esta informação está parcialmente disponível no sistema, apresentando somente uma resposta genérica, pois um mesmo modelo pode receber diferentes montagens de acordo com pedidos específicos de clientes. A grande quantidade de modelos e as diferentes variáveis para cada modelo acabam gerando um enorme mix de produtos que podem vir a sofrer alteração de linha.

Na sequência do processo de alteração, o analista de EC obteve as informações de entrada e saída da peça em cada máquina, mas ainda não sabe exatamente como é feita a montagem do item alterado e como pode explicar a alteração para os montadores de linha. É nesse momento que o analista deve buscar os desenhos fornecidos pela engenharia, onde podem ser visualizadas as peças na instalação para instrução dos montadores e cadastro de entrega na linha. Em alguns casos, os desenhos não se encontram disponíveis, dificultando a compressão por parte do analista uma vez que o mesmo não tem conhecimento pleno de todas as estruturas montadas na fábrica, necessitando de desenhos que o auxiliem a compreender a alteração de montagem.

Uma vez que o funcionário da manufatura identifica como é feita a montagem e em quais locais os itens devem ser entregues, o procedimento passa para organização dos postos de trabalho quanto à entrada das novas peças e possíveis remoções de itens que deixam de ter montagem na linha. Quanto à eliminação de peças, é preciso primeiro verificar se ela é um item grande que será entregue no posto de montagem conforme demanda de planejamento e controle de produção ou se são itens pequenos disponíveis constantemente nas caixas alocadas na célula.

Os itens que passam a não ter mais montagem precisam ter seu estoque acompanhado para evitar sucateamento de peças. Nesse momento é comum acontecer alguns problemas, tais como, inventário no sistema não corresponder à quantidade física de uma peça, necessidade de atraso na implementação de uma alteração para consumo de estoque e também sucateamento desnecessário de itens devido à dificuldade de igualar quantidades de peças que são montadas em conjunto. No caso dos itens locados em caixas nos postos de montagem, é preciso verificar se ainda têm uso na célula de montagem, porém é muito difícil obter essa informação uma vez que não existe um registro preciso de todas as máquinas que recebem este item para um posto específico. Assim, é comum a informação ser baseada principalmente na opinião do montador da célula.

Analogamente, para inserir uma peça entregue pelo setor de materiais em um posto de montagem, é preciso realizar seu cadastro no sistema informatizado da empresa para inseri-la na lista de peças do setor de materiais, verificar necessidade de ajuste no carrinho de transporte de peças, verificar chegada do item no estoque e realizar alocação do mesmo no estoque. Uma dificuldade que se enfrenta nesta etapa é a possibilidade de uma peça não ser entregue na fábrica na data necessária, pois pode entrar em processo especial na entrada do navio no porto ou sofrer influência de algum tipo de greve, impedindo a implementação da alteração na data estipulada. No caso de itens que tem alocação em caixas nos postos de montagem, é preciso realizar cadastro do endereço no sistema informatizado, fazer identificação e encontrar espaço disponível nos postos de montagem. Como não existe um ponto específico para distribuição das caixas denominadas "BIN", pode acontecer de não ter material disponível para locação de uma peça para o posto de trabalho.

No caso não existir nenhuma vaga na estante de armazenamento de caixas, pode ser necessário adquirir uma estante nova, o que pode impactar no espaço físico da célula. É possível verificar também grande alocação de itens muito similares em um mesmo posto de montagem que poderia ser facilmente consolidado em um único item por parte dos desenhos de engenharia de produto, porém a manufatura não tem autonomia para fazer essa modificação.

Também é bastante comum que o montador não esteja usando exatamente o item correto na montagem, confundindo códigos muito similares de peças também

muito parecidas. A identificação dos gaveteiros também é bastante confusa, o que colabora bastante para a dificuldade de visualização tanto por parte da engenharia quanto por parte dos funcionários.

A implementação prática de linha envolve comunicação, uma das etapas mais importantes, pois é nesse momento que todos os colaboradores devem receber informações alinhadas para a correta efetivação de uma alteração de montagem. Existe uma dificuldade por parte do analista de EC de identificar todos os postos de montagem que podem ser impactados por uma alteração de engenharia. O procedimento tradicional é o envio de correspondências eletrônicas para todos os funcionários da manufatura com explicações objetivas sobre a introdução da EC. Ainda assim, não existem garantias de que o montador vai se lembrar de todas as alterações, principalmente quando dependem de uma instalação com montagem variável. É nesse momento que uma peça pode não ser montada exatamente conforme o desenho, gerando um produto não conforme.

A última etapa do procedimento é a realização do ponto de corte. Um documento com todas as máquinas afetadas é gerado, indicando o número exato do primeiro monobloco alterado. Assim, é possível para a equipe verificar quais ordens de produção receberam as modificações, implicando que as máquinas subsequentes serão montadas conforme a alteração demanda.

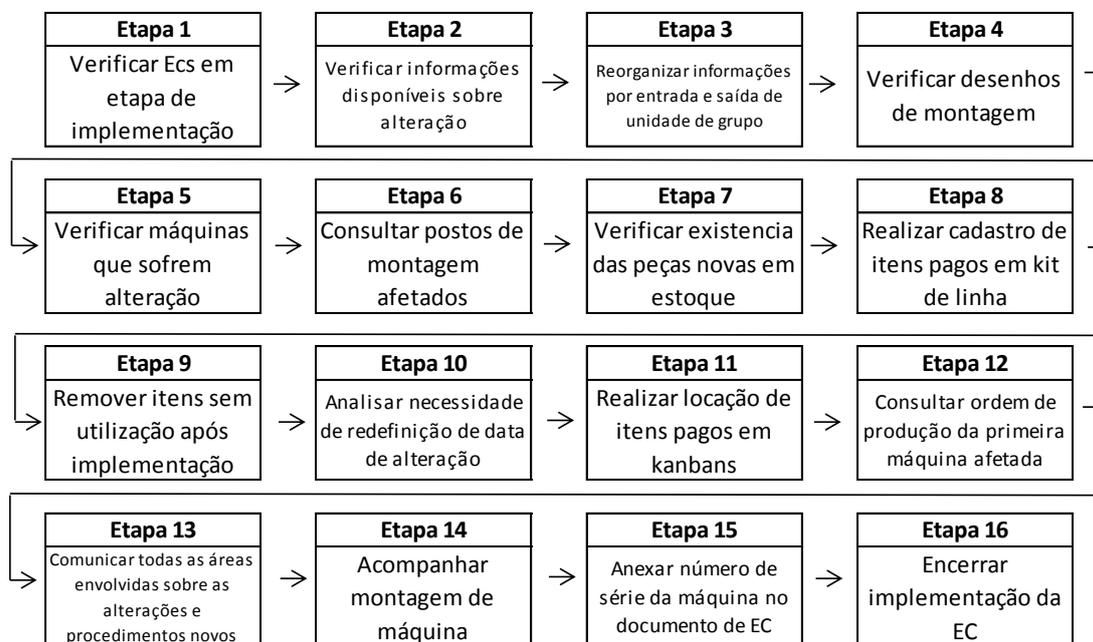
## **4.2 CONSTRUÇÃO DE NOVAS ETAPAS**

Em relação ao documento analisado é possível observar que ele é absolutamente focado na análise de uma EC, porém não faz desdobramento das atividades de implementação prática das alterações, como localização de peças, comunicação com montadores e identificação de peças. Para uma melhor aplicação dos procedimentos adequados, seria necessário que a instrução de trabalho focasse também nesse tipo de procedimento.

Estas atividades são grande parte do processo, porém estão resumidos a uma única etapa descrita como “Etapa 32 – Implementar EC”, sem instruções referentes a complexidade da atividade. Estas observações como contagem equivocada de itens no estoque e dificuldade de localização de itens foram selecionadas para validação na etapa de entrevista aberta de grupo.

Com o levantamento das informações indicadas nas etapas anteriores dos resultados deste artigo, foi possível gerar dois resultados parciais, sendo uma nova sugestão de sequência de processos que elimina atividades atualmente desnecessárias ou redundantes, incluindo atividades mais focadas na implementação prática de linha como a locação de peças. Outro resultado parcial é uma lista de observações do processo que podem vir a se tornar propostas de melhorias se validadas pela entrevista aberta de grupo.

Figura 3 – proposta de nova sequência de atividades de implementação de EC



Na Figura 3 é descrito as etapas objetivas para analisar e implementar uma alteração, focando nas atividades realmente necessárias na etapa de análise e incluindo etapas de alocação de itens novos e remoção de itens antigos. Também foi incluída uma etapa de comunicação, ausente no processo indicado pela instrução de trabalho de fábrica analisada.

### 4.3 OBSERVAÇÕES DE POTENCIAIS DE MELHORIA

A primeira observação de possibilidade de melhoria é sobre a desatualização do processo apresentado no documento de instrução de trabalho. Muitas das etapas descritas não são necessárias uma vez que os procedimentos envolvidos não são mais utilizados. Um exemplo seria a interpretação de planilha de controle de

amostras de inspeção de itens novos. Esta etapa não ocorre mais visto que a alteração já foi aprovada etapas de alteração de engenharia de responsabilidade do setor da qualidade, não consideradas neste trabalho.

Ainda sobre a desatualização, o software apresentado como ferramenta de visualização de desenhos técnicos das montagens tinha uso em 2014 e foi substituído por outro, com procedimentos completamente diferentes dos indicados pelo documento. Estas são as principais observações quanto à desatualização do documento.

Assim, com as demais dificuldades de processo listadas em etapas anteriores, foi possível organizar o Quadro 1 com uma lista de 10 observações sobre etapas do processo que apresentação potencial para impactar positivamente o desempenho do processo atual se forem desenvolvidas propostas de melhoria para o andamento das atividades.

Quadro 1 – Lista de observações elaboradas após etapa de observação participante

|    |  |
|----|--|
| 1  | 1. O principal documento informativo sobre as alterações é preenchido de maneira confusa, com informações faltantes ou não confiáveis. Com isso, existe a necessidade de retrabalho por parte do analista para compreensão dos produtos afetados.                |
| 2  | 2. Existe uma dificuldade para compreender as alterações, a apresentação das informações no sistema informatizado da empresa acontece de maneira confusa, necessitando uma atividade de reorganização das informações por parte do analista, gerando retrabalho. |
| 3  | 3. Algumas peças não contam com desenhos disponíveis.  |
| 4  | 4. Quando as peças removidas precisam ser consumidas, é normal que suas quantidades não estejam casadas, de modo que um dos itens acaba sobrando ou surge nova necessidade de compras para eliminar o estoque.   |
| 5  | 5. Ocorrência de erros de contagem no estoque.   |
| 6  | 6. Identificações confusas de gaveteiros e carrinhos kit, sem ordem facilmente dedutível.  |
| 7  | 7. Itens muito semelhantes, facilitando a ocorrência de montagens em desacordo com a estrutura da máquina.   |
| 8  | 8. Dificuldade de comunicar de maneira clara ao montador sobre as peças alteradas devido a grande quantidade de modelos de linha.  |
| 9  | 9. Dependência de fator de memória por parte do montador na montagem de itens locados em caixas nos postos de montagem.  |
| 10 | 10. Atualização das instruções de trabalho.  |

As observações são resultado de observação acumulada de um ano de trabalho envolvendo as tarefas, buscando quais elementos do processo são influentes no resultado final da operação. Para uma correta implementação da alteração de engenharia é necessário o suporte de documentos da empresa e de

outros setores, como os setores de logística e matérias, responsáveis respectivamente pela chegada da peça na planta e pela disponibilidade em estoque. A engenharia de produto fornece desenhos, que auxiliam na compressão da alteração a ser executada pela manufatura. Assim, é com um conjunto de atividades organizadas entre os setores que a manufatura realiza a operação final de implementação da alteração em linha.

### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

O questionário foi aplicado com 16 funcionários do setor de manufatura com conhecimentos acerca do processo de implementação de alteração de engenharia. Cada pergunta obteve um escore entre 0 e 100 conforme indicado pelo funcionário. Para cada questionário, foi aplicado o coeficiente de multiplicação determinado pela experiência do funcionário seguindo a seguinte fórmula:

$$C = \frac{e_i}{e_g}, \quad \text{onde } e_i = \text{experiência individual e } e_g = \text{experiência do grupo}$$

Sendo assim, a pontuação de cada questão é formada pela soma dos produtos entre o escore indicado e o coeficiente de experiência do funcionário.

Para confiabilidade do questionário aplicado, foram considerados profissionais experientes no desenvolvimento de atividades da fábrica e análise de confiabilidade dos resultados encontrados. A análise foi feita com base no software *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, utilizando *Alfa de Cronbach*. Os dados foram atribuídos conforme Quadro 3 do apêndice A. A consistência entre as respostas obtidas mostrou-se satisfatória, conforme mostra a Quadro 2.

Quadro 2 – Alfa de Cronbach

| Alpha de Cronbach | Com base em itens padronizados | Número de itens utilizados |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <b>0,985</b>      | <b>0,986</b>                   | <b>10</b>                  |

A demonstração do Quadro 2 com valor de Alfa de 0,985 indica que existe um alto grau de confiabilidade entre as questões apresentadas, indicando também que os funcionários da empresa apresentam opiniões bastantes próximas em relação a concordância com as respostas fornecidas.

Assim, foram obtidas pontuações para cada uma das perguntas, validando as observações levantadas em etapas anteriores do artigo. As perguntas foram dispostas em ordem de pontuação conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Resultado dos questionário aplicado

| Prioridade | Observação  | Pontuação |
|------------|---|-----------|
| 1º         | 6. É importante que os locais de armazenamento de peças nos postos de montagem possuam identificação clara, com códigos que facilitem a sua localização, assim como a localização de seus itens   | 93        |
| 2º         | 5. Ocorrência de erros de contagem no estoque.  | 92        |
| 3º         | 9. Dependência de fator de memória por parte do montador na montagem de itens locados em caixas nos postos de montagem  | 89        |
| 4º         | 4. Quando as peças removidas precisam ser consumidas, é normal que suas quantidades não estejam casadas, de modo que um dos itens acaba sobrando ou surge nova necessidade de compras para eliminar o estoque   | 89        |
| 5º         | 3. Algumas peças não contam com desenhos disponíveis  | 88        |
| 6º         | 7. Itens muito semelhantes, facilitando a ocorrência de montagens em desacordo com a estrutura da máquina   | 78        |
| 7º         | 1. O principal documento informativo sobre as alterações é preenchido de maneira confusa, com informações faltantes ou não confiáveis. Com isso, existe a necessidade de retrabalho por parte do analista para compreensão dos produtos afetados.               | 74        |
| 8º         | 8. Dificuldade de comunicar de maneira clara ao montador sobre as peças alteradas devido a grande quantidade de modelos de linha  | 73        |
| 9º         | 10. Atualização das instruções de trabalho  | 72        |
| 10º        | 2. Existe uma dificuldade para compreender as alterações, a apresentação das informações no sistema informatizado da empresa acontece de maneira confusa, necessitando uma atividade de reorganização das informações por parte do analista, gerando retrabalho | 69        |

Assim, foi possível verificar que todas as observações tem alto grau de concordância com a opinião dos funcionários entrevistados. Para detalhes das pontuações registradas, observar os quadros 2 e 3 do apêndice A.

As ocorrências validadas no trabalho ocorrem principalmente pela dificuldade entre dois setores de alinhar objetivos. Se analisar a questão colocada em primeiro lugar, sabe-se que a engenharia de manufatura é responsável pela alocação, porém na operação diária, os itens acabam trocando de local pelos operadores para um fim específico. No momento que um funcionário procura o local do item no sistema da empresa, não corresponde mais ao indicado.

O principal motivo para as observações terem sido ordenadas conforme o resultado é o grau de convivência que os funcionários têm com o problema. Desse modo, um potencial de melhoria não é necessariamente maior que outro de maneira correspondente a ordem estabelecida, e sim corresponde a um alto número de funcionários que observaram o problema relatado.

Apesar de apresentados em ordem, os problemas ocorrem de maneira independente, de modo que todas as observações podem ser tratadas paralelamente. As observações podem ser consideradas potenciais de melhoria porque são ocorrências de impedimento da melhor prática para implementação de alteração de engenharia. Buscar esse tipo de melhoria possibilitaria diminuir o número de retrabalhos por parte da engenharia, aumento a eficiência do recurso humano disponível. Outro fator envolve a redução de peças sucateadas que representam custo para a manufatura. Quando uma alteração não é bem comunicada, é comum que ocorram erros de montagem que exigem reoperação das máquinas em empresas terceirizadas.

Assim, trabalhar no desenvolvimento de propostas de melhoria pode impactar diretamente na eficiência de fábrica e no custo de produção das máquinas. Os resultados deste trabalho indicam diretamente áreas de atuação que podem ser apresentadas à gerência da empresa.

## **5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES**

Assim, foi possível determinar através do método de análise de documentos e pela observação participantes uma lista de dez itens com potencial de melhoria. Para validação destas propostas, foi possível utilizar o próprio conhecimento e experiência dos funcionários do setor para fortalecer o conceito de que, além de

existirem potenciais de melhoria dentro do processo, verifica-se que estas falhas de processo são de conhecimento geral do grupo e não restrito a funcionários reduzidos e com atividades específicas.

Uma vez identificadas às oportunidades de melhoria, verificou-se que, apesar de grande parte das observações ser de conhecimento geral dos funcionários, não se verificou nenhum um esforço organizado para combate destas perdas no processo. Ainda assim, seria necessário planejamento e organização do grupo para trabalhar nos itens observados, possivelmente tornando esta atividade em uma ação de menor relevância visto que cada funcionário acaba focando mais seus recursos no desenvolvimento de tarefas de sua responsabilidade.

A etapa de foco do estudo se apresenta como um momento de encontro entre as funções administrativas e a operação de fábrica, onde muitas vezes a percepção e objetivo acabam entrando em conflito, uma vez que os objetivos administrativos podem não se alinhar perfeitamente com os objetivos de uma área de montagem. É uma etapa de finalização de processo, porém acaba levantando muitas questões que deveriam ser abordadas em etapas anteriores ao processo estudado.

Assim, observa-se que a relação entre o tamanho da empresa, o número de setores envolvidos em uma alteração, dificuldades de comunicação e disponibilidade da equipe para solução de problemas acabam por criar uma organização complexa, dificultando o combate as perdas observadas no processo de alteração de engenharia. Também se observa que o conflito gerado no encontro entre o interesse administrativo e o interesse operacional gera problemas que deveriam ser solucionados em etapas anteriores no fluxo de alteração, mas não ocorrem por falta de comunicação.

Os objetivos foram alcançados conforme previsto neste artigo no qual a principal ação para iniciar uma melhoria de processo envolve uma melhora de identificação dos locais de peças. Na sequência, as propostas ordenadas no quadro 3 devem ser seguidas, com possibilidade de desenvolvimento em paralelo, uma vez que cada observação de potencial de melhoria pode ser desenvolvida de maneira independente.

## Limitações

Como limitação para o trabalho, pode-se incluir a complexidade apresentada pela quantidade de processos pertencentes a uma planta deste porte, contendo mais de mil funcionários e diversos setores envolvidos no processo de alteração de engenharia. Devido aos recursos disponíveis para esta pesquisa, o trabalho foi desenvolvido especificamente na etapa final do processo implementado, não computando a experiência de outros setores como logística, marketing e engenharia de produto.

## Sugestões de estudos futuros

Como sugestões para a sequência deste trabalho, propõe-se que a lista de potenciais de melhoria seja analisada pelos funcionários da empresa para que propostas de melhoria sejam desenvolvidas para cada um dos tópicos levantados. Outra sugestão seria o desenvolvimento de software integrado para a linha de montagem, disponibilizando as informações de alteração de produto diretamente no posto de montagem e em sincronia com a sequência de controle de produção.

## 6. REFERÊNCIAS

ANJARD, R.P. Process mapping: one of three, new, special quality tools for management, quality and all other professionals, *Microelectron. Reliab*, v.36, n.2, pg. 223-225, 1996

BALAKRISHNAN, N.; CHAKRAVARTY, A.K. **Managing engineering change market opportunities and manufacturing costs**. *Production and Operation Management*, Vol. 5. Nº 4. Pp 335-356, 1996

BARBALHO, S.C.M; DA SILVA, S.L; DIAS, M.A; CUSTÓDIO, J.E.S.C; **Aplicabilidade Do Gerenciamento Da Mudança De Engenharia Na Tropicalização De Um Equipamento Industrial**. *Revista Produção Online*, Florianópolis, SC, v. 16, n. 2, p. 743-753, 2016

BELFORT, A; **Estratégia em condições de Incerteza**. Publicações Macroplan, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

BENEDETTO, H.; TRABASSO, L.G. **Proposal of a framework for efficient management of the engineering change (EC) process**. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM, Bauru, SP, Brasil, 1997.

BRIGHENTI, J.R.N; **Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto**. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2006

CAMPOS, S.T.C.C; CLARO, F; LINDGREN, P.C.C; NETO, A.F; **Estratégia para rever e implementar melhoria contínua da qualidade no processo produtivo**. VIII Simpósio da excelência em gestão e tecnologia. Resende, RJ. 2011.

CORRÊA, H.L; SLACK, N. **Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidades de saídas**. Revista de Administração, v.29, n.1, 1994,

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 1993

CRESWELL, J. W. **Qualitative inquiry and research design: choosing among five traditions**. Thousand Oaks, CA: Sage, 1998.

DIAS, T.L.T; **Conceitos de manufatura enxuta aplicados a uma indústria de suprimentos e dispositivos médicos**. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG. 2006.

ECKERT C.M., CLARKSON P.J., ZANKER W. **Change and customisation in complex engineering domains**. Research in Engineering Design, 15 (1):1–21, 2004

GERWIN, D. **Manufacturing flexibility: a strategic perspective**. Management Science, n.4 p.395, 1993

GREENHALGH, G. R; **Manufacturing Strategy: Formulation and Implementation**. Sydney: Addison-Wesley Publishers, 1991

HARRINGTON, J. **Business process improvement workbook: documentation, analysis, design and management of business process improvement**. New York: McGraw-Hill, 1997.

HO, C.J. **Evaluating the impact of frequent engineering changes on MRP systems performance.** International Journal of Production Research, Vol. 32. Nº 3. Pp. 619-641, 1994.

ISANAKA, S.P et al. **Design strategy for reducing manufacturing and assembly complexity of air-breathing Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC).** Journal of Manufacturing Systems 38 (2016) pg 165-171.

JARRAT, T. A. W. et al, **Engineering change, an overview and perspective on the literature.** Research in Engineering Design, v. 22, Issue 2, pp.103 a 124, 2011.

LAW, A., KELTON D.; **Simulation Modeling Analysis.** Singapore: McGraw-Hill BookCo.1991.

LYON, D.D., **“Practical CM: best configuration management practices”.** Butterworth- Heinemann, Oxford, 2000

MALLICK, D.; RITZMAN, L.; SINHA, K. **Evaluating product-centric continuous improvements: impact on competitive capabilities and business performance.** Journal of Product Innovation Management, v. 30, pp. 188-202, 2013

MÜLLER, G.L; DIESEL, L; SELLITO, M.A; **Análise do processo e oportunidades de melhorias em uma empresa de serviços.** Revista produção online v.10, n.3, set, 2010

PINSONNEAULT, A; KRAMER, K.L. **Survey research in management information systems: an assesement.** Journal of management information system, 1993

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSON. R. **Administração da produção.** 3ed. São Paulo: Atlas, 2009

STAKE, R. E. **The art of case study research.** Thousand Oaks, CA.: Sage, 1995

SUBRAHMANIAN, E.; LEE, C.; GRANGER, H. **Managing and supporting product life cycle through engineering change management for a complex product.** Research in Engineering Design, v. 26, n.3, pp.189-217, 2015

TANURE, R.Z; MAGNAGO, P.F.; ECHEVESTE, M.E. **Functional and emotional dimensions: Method to measure through data collection instruments for new products in healthcare.** In: **Technology Management in the IT-Driven Services (PICMET), Proceedings ...**, 2013

TERWIESCH, C.; LOCH. **Managing the process of engineering change orders: the case of the climate control system in automobile development.** Journal of Production Innovation Management, Vol. 16. Pp 160-172, 1999

THOMÉ, E; **Proposta de alteração do processo de produção do parafuso de roda mantendo as propriedades de montagem.** Centro universitário Univates, Lajeado, RS. 2015.

VIANA, A.S; DA SILVA, D.B; MUCHA, J; POLACINI, E; **Ferramentas de qualidade: Proposta para melhorar resultados em uma empresa especializada em tecnologia da informação.** 3ª semana internacional das engenharias da FAHOR. Horizontina, RS, 2013.

WASMER, A.; STAUB, G.; VROOM, R. W. **An industry approach to shared, crossorganisational engineering change handling - the road towards standards for product data processing.** Computer-Aided Design, v. 43. n. 5, p. 533-545, 2011

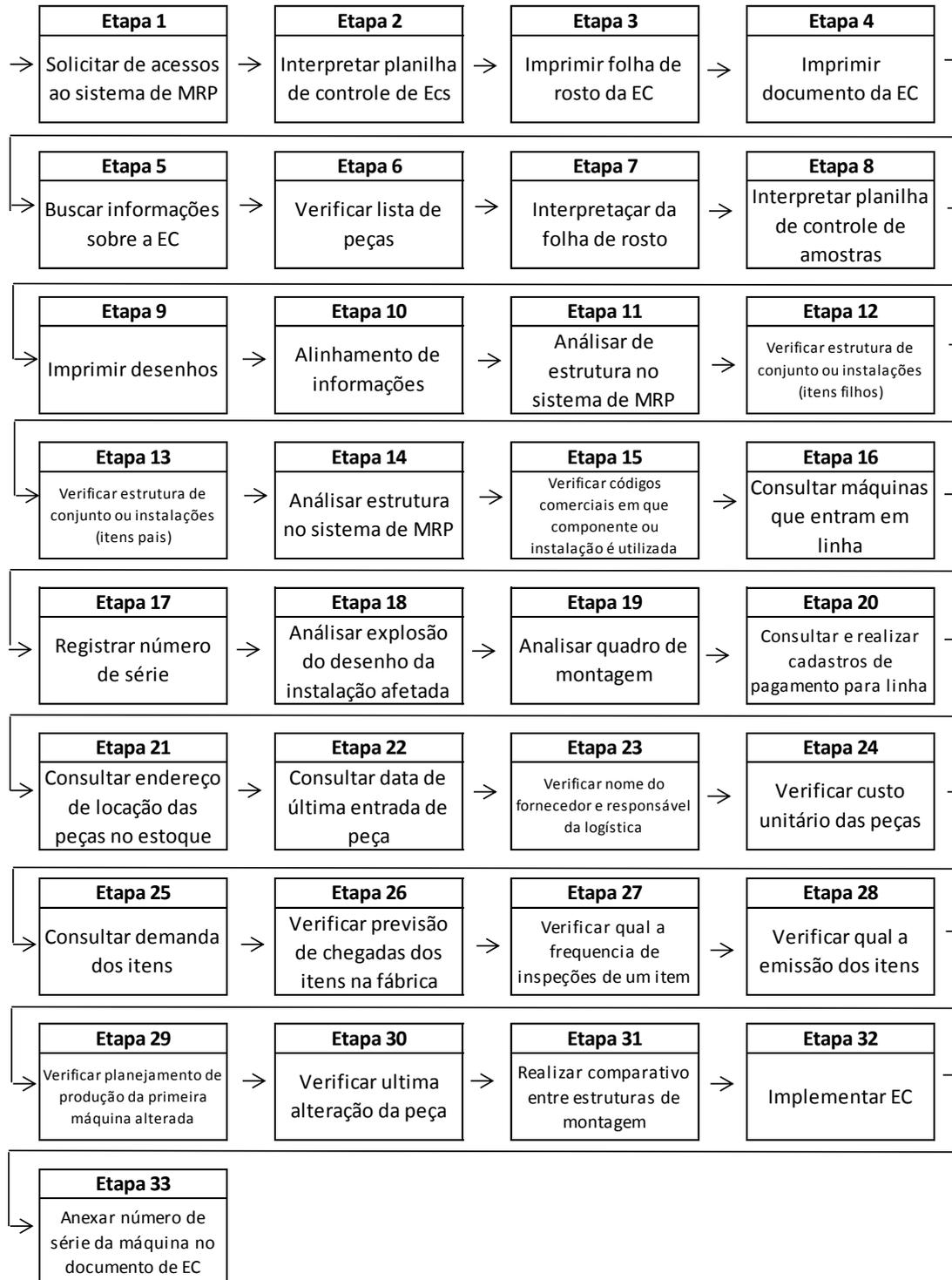
WRIGHT, I.C.; **A review of research into engineering change management: implications for product design,** Design Studies, Vol.18. pp 33-42, 1997

YIN, R.K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005

ZAULI, R.R; DE SOUZA, R.L.R; MAZIER, H; NUNES, A.T; QUEIROZ, G.G; **O retrabalho no processo de apontamento na fabricação de saltos: estudo de caso em uma empresa de calçados.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, PB, 2016.

## Apêndice A

Figura 1 – Sequência de atividades apresentadas na instrução de trabalho.



## Apêndice A

### Quadro 1 – Questionário aplicado

|  |  |
|--|--|
| <p>Questionário: _____</p> <p>Para cada linha abaixo, faça uma marca para indicar o quanto você concorda com a afirmação disposta imediatamente acima.</p> <p>1. O documento de anexo de ECO poderia ser preenchido com informações mais precisas e completas, evitando retrabalhos .</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>2. Uma melhor apresentação da lista de peças alteradas no sistema informatizado poderia facilitar o trabalho de análise da alteração de engenharia.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>3. Alguns itens utilizados na linha de montagem não possuem desenho disponível no sistema informatizado da empresa, o que pode dificultar uma implementação de engenharia.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>4. Quando dois ou mais itens passam a não ter mais montagem após uma mesma alteração de engenharia, é importante que seus estoques sejam consumidos simultaneamente para evitar sobra de alguma das partes, porém isso nem sempre acontece.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>5. É importante que a contagem de itens indicada no sistema informatizado da empresa represente a quantidade real em estoque de fábrica, porém isso nem sempre acontece.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> | <p>6. É importante que os locais de armazenamento de peças nos postos de montagem possuam identificação clara, com códigos que facilitem a sua localização, assim como a localização de seus itens, porém isso nem sempre acontece.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>7. Quando dois itens similares em forma e função, porém com códigos diferentes, forem utilizados em um mesmo posto de montagem, um dos itens poderia ser removido, porém isso nem sempre acontece.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>8. Um sistema de comunicação mais desenvolvido poderia ajudar os montadores a recordar de todas as alterações que ocorrem em uma EC.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>9. Itens locados em caixas BIN dependem da memória do montador no momento de montagem e isso pode impactar em erro de montagem.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> <p>10. É importante que as instruções de trabalho estejam atualizadas para garantir o melhor procedimento na implementação de uma alteração de engenharia, porém isso nem sempre acontece.</p> <p>Discordo _____ Concordo<br/>Plenamente _____ Plenamente</p> |
|--|--|

## Apêndice A

Quadro 2 – Resultados do questionário sem o coeficiente de experiência

|                      | Tempo de Empresa (meses) | Tempo na área (meses) | Escolaridade        | P1   | P2   | P3   | P4   | P5   | P6   | P7   | P8   | P9   | P10  |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Funcionário1</b>  | 3 meses                  | 3 meses               | Superior Incompleto | 6,7  | 6,7  | 6,9  | 5    | 7    | 4,7  | 6,6  | 6,8  | 5,9  | 4,5  |
| <b>Funcionário2</b>  | 24 meses                 | 24 meses              | Superior Completo   | 5,6  | 7,2  | 7,1  | x    | 7,1  | 7    | 7,2  | 4,1  | 7,8  | 7,7  |
| <b>Funcionário3</b>  | 240 meses                | 120 meses             | Superior Completo   | 2,7  | 1,1  | 6,9  | 7    | 6,1  | 7,1  | 4,4  | 2,2  | 7    | 5,6  |
| <b>Funcionário4</b>  | 18 meses                 | 18 meses              | Superior Incompleto | 7,7  | 7,7  | 4,1  | x    | 5,1  | 7,6  | 7,7  | 7,7  | 7,3  | 6,9  |
| <b>Funcionário5</b>  | 114 meses                | 24 meses              | Pós Graduação       | 7,4  | 7,2  | 7,5  | 7,3  | 7,4  | 6,9  | 7,1  | 6,8  | 7,1  | 7    |
| <b>Funcionário6</b>  | 30 meses                 | 30 meses              | Pós Graduação       | 7,3  | 7    | 5,3  | 5,9  | 7,7  | 7,1  | 3,9  | 7,6  | 7,1  | 7,7  |
| <b>Funcionário7</b>  | 15 meses                 | 15 meses              | Superior Incompleto | 6,8  | 6,9  | 7    | 7,4  | 7,5  | 7,5  | 7,7  | 5,9  | 7,7  | 7,5  |
| <b>Funcionário8</b>  | 2 meses                  | 2 meses               | Superior Incompleto | x    | 7,3  | 7,7  | x    | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 3,1  | 7,3  | 7,5  |
| <b>Funcionário9</b>  | 60 meses                 | 60 meses              | Pós Graduação       | x    | x    | 6,8  | 6,8  | 7,2  | 7    | 7,1  | 7,2  | 7,2  | 4,2  |
| <b>Funcionário10</b> | 13 meses                 | 13 meses              | Superior Incompleto | x    | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  |
| <b>Funcionário11</b> | 12 meses                 | 12 meses              | Superior Incompleto | 6,7  | 6,4  | 6,6  | 6,7  | 6,9  | 6,6  | 6,6  | 5    | 6,8  | 5,7  |
| <b>Funcionário12</b> | 132 meses                | 24 meses              | Superior Incompleto | 7,2  | 7,1  | 7,1  | 7,1  | 7,3  | 7,3  | 7,2  | 7,2  | 7,1  | 7,2  |
| <b>Funcionário13</b> | 180 meses                | 96 meses              | Pós Graduação       | 6,6  | 6,6  | 6,9  | 6,9  | 7,2  | 6,9  | 6,8  | 5,2  | 5,6  | 6,7  |
| <b>Funcionário14</b> | 120 meses                | 120 meses             | Superior Completo   | 6,9  | 7,3  | 4,6  | 7,4  | 7,2  | 7,2  | 4,3  | 6,1  | 7    | 6,2  |
| <b>Funcionário15</b> | 36 meses                 | 36 meses              | Superior Completo   | 7,41 | 7,41 | 7,41 | 5,97 | 6,55 | 6,74 | 2,70 | 6,64 | 4,52 | 7,60 |
| <b>Funcionário16</b> | 180 meses                | 60 meses              | Superior Completo   | 7,1  | 6,1  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 6,8  | 7,2  | 7,5  | 0,6  |

## Apêndice A

Quadro 3 – Resultados do questionário com o coeficiente de experiência

|               | Tempo de Empresa (meses) | Tempo na área (meses) | Escolaridade           | P1           | P2           | P3           | P4           | P5           | P6           | P7           | P8           | P9           | P10          |
|---------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Funcionário1  | 3 meses                  | 3 meses               | Superior Incompleto    | 0,22         | 0,22         | 0,23         | 0,17         | 0,23         | 0,16         | 0,22         | 0,22         | 0,19         | 0,15         |
| Funcionário2  | 24 meses                 | 24 meses              | Superior Completo      | 1,48         | 1,90         | 1,88         | 0,00         | 1,88         | 1,85         | 1,90         | 1,08         | 2,06         | 2,04         |
| Funcionário3  | 240 meses                | 120 meses             | Superior Completo      | 7,14         | 2,91         | 18,24        | 18,51        | 16,13        | 18,77        | 11,63        | 5,82         | 18,51        | 14,80        |
| Funcionário4  | 18 meses                 | 18 meses              | Superior Incompleto    | 1,53         | 1,53         | 0,81         | 0,00         | 1,01         | 1,51         | 1,53         | 1,53         | 1,45         | 1,37         |
| Funcionário5  | 114 meses                | 24 meses              | Pós Graduação          | 9,29         | 9,04         | 9,42         | 9,17         | 9,29         | 8,66         | 8,92         | 8,54         | 8,92         | 8,79         |
| Funcionário6  | 30 meses                 | 30 meses              | Pós Graduação          | 2,41         | 2,31         | 1,75         | 1,95         | 2,54         | 2,35         | 1,29         | 2,51         | 2,35         | 2,54         |
| Funcionário7  | 15 meses                 | 15 meses              | Superior Incompleto    | 1,12         | 1,14         | 1,16         | 1,22         | 1,24         | 1,24         | 1,27         | 0,97         | 1,27         | 1,24         |
| Funcionário8  | 2 meses                  | 2 meses               | Superior Incompleto    | 0,00         | 0,16         | 0,17         | 0,00         | 0,17         | 0,17         | 0,17         | 0,07         | 0,16         | 0,17         |
| Funcionário9  | 60 meses                 | 60 meses              | Pós Graduação          | 0,00         | 0,00         | 4,49         | 4,49         | 4,76         | 4,63         | 4,69         | 4,76         | 4,76         | 2,78         |
| Funcionário10 | 13 meses                 | 13 meses              | Superior Incompleto    | 0,00         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         | 1,10         |
| Funcionário11 | 12 meses                 | 12 meses              | Superior Incompleto    | 0,89         | 0,85         | 0,87         | 0,89         | 0,91         | 0,87         | 0,87         | 0,66         | 0,90         | 0,75         |
| Funcionário12 | 132 meses                | 24 meses              | Superior Incompleto    | 10,47        | 10,32        | 10,32        | 10,32        | 10,61        | 10,61        | 10,47        | 10,47        | 10,32        | 10,47        |
| Funcionário13 | 180 meses                | 96 meses              | Pós Graduação          | 13,09        | 13,09        | 13,68        | 13,68        | 14,28        | 13,68        | 13,48        | 10,31        | 11,10        | 13,28        |
| Funcionário14 | 120 meses                | 120 meses             | Superior Completo      | 9,12         | 9,65         | 6,08         | 9,78         | 9,52         | 9,52         | 5,68         | 8,06         | 9,25         | 8,20         |
| Funcionário15 | 36 meses                 | 36 meses              | Superior Completo      | 2,94         | 2,94         | 2,94         | 2,37         | 2,60         | 2,67         | 1,07         | 2,63         | 1,79         | 3,02         |
| Funcionário16 | 180 meses                | 60 meses              | Superior Completo      | 14,08        | 12,09        | 15,27        | 15,27        | 15,27        | 15,27        | 13,48        | 14,28        | 14,87        | 1,19         |
| <b>Total</b>  | <b>1179 meses</b>        |                       | <b>Pontuação Final</b> | <b>73,77</b> | <b>69,26</b> | <b>88,42</b> | <b>88,91</b> | <b>91,53</b> | <b>93,06</b> | <b>77,78</b> | <b>73,02</b> | <b>89,01</b> | <b>71,88</b> |
|               |                          |                       | <b>Ordem</b>           | <b>7º</b>    | <b>10º</b>   | <b>5º</b>    | <b>4º</b>    | <b>2º</b>    | <b>1º</b>    | <b>6º</b>    | <b>8º</b>    | <b>3º</b>    | <b>9º</b>    |