

## **ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO DMAIC PARA PROJETO DE LAYOUT EFICIENTE BASEADO EM DOIS MODELOS DA LITERATURA E EM CONCEITOS LEAN**

**CARLOS EDUARDO SOARES CAMPAROTTI** - carloscamparotti@sc.usp.br  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - EESC - USP

**KLEBER FRANCISCO ESPOSTO** - kleber@sc.usp.br  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP - SÃO CARLOS

**Resumo:** ATUALMENTE AS EMPRESAS BUSCAM A LIDERANÇA DE MERCADO E REDUZIR SEUS CUSTOS, EVIDENCIANDO QUE A MANUFATURA E SEU RESPECTIVO LAYOUT DESEMPENHAM UM PAPEL IMPORTANTE. ELIMINAR DESPERDÍCIOS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS, REDUZIR CUSTOS E MELHORAR O NÍVEL DE SERVIÇO, DIMINUIR MOVIMENTAÇÃO, AUMENTAR QUALIDADE, RAPIDEZ E ENTREGA SÃO OBJETIVOS DOS LAYOUTS ATUAIS. A PRODUÇÃO ENXUTA COMPROVADAMENTE TRAZ VÁRIOS BENEFÍCIOS E COMPETITIVIDADE ÀS EMPRESAS, TORNANDO A EMPRESA ENXUTA E EFICIENTE. ALIADO A ISTO, A METODOLOGIA DMAIC PODE SER A CHAVE PARA AUXILIAR NA IMPLANTAÇÃO DE MUDANÇAS NESSE SENTIDO, TORNANDO O PROCESSO SIMPLES, SEQUENCIAL E EFICAZ. ENCONTRARAM-SE DOIS MODELOS DE PROJETO DE LAYOUT NA LITERATURA QUE ABORDAM VÁRIOS CONCEITOS E MODELOS ANTERIORES, ALÉM DE INCORPORAR NO CASO DE UM DELES, CONCEITOS ENXUTOS. ESTE ARTIGO BUSCOU ESTRUTURAR UM PROCESSO DE MELHORIA NO LAYOUT, SEJA UM NOVO PROJETO OU ADAPTAÇÃO AO ATUAL, PARA ASSIM TORNAR O LAYOUT ENXUTO E EFICIENTE ATRAVÉS DA METODOLOGIA DMAIC. CADA UMA DAS FASES FOI DEFINIDA E ESTRUTURADA BASEADA NOS CONCEITOS DOS MODELOS E NA LITERATURA ENCONTRADA A RESPEITO DO ASSUNTO, PARA ASSIM MELHORAR O LAYOUT A FIM DE ELIMINAR DESPERDÍCIOS E BUSCAR UM FLUXO CONTÍNUO, IDENTIFICANDO AS FERRAMENTAS E PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS PARA REALIZAR CADA NÍVEL DO DMAIC.

**Palavras-chaves:** LAYOUT; DMAIC; FLUXO; MANUFATURA ENXUTA.

**Área:** 1 - GESTÃO DA PRODUÇÃO

**Sub-Área:** 1.4 - PROJETO DE FÁBRICA E DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

# STRUCTURING THE DMAIC METHOD FOR DESIGNING EFFICIENT LAYOUT BASED ON TWO MODELS OF LITERATURE AND LEAN CONCEPTS

**Abstract:** NOWADAYS COMPANIES SEEK THE MARKET LEADERSHIP AND TO REDUCE THEIR COSTS, SHOWING THAT MANUFACTURING AND ITS CORRESPONDING LAYOUT PLAY AN IMPORTANT ROLE. ELIMINATE WASTE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PROCESSES, REDUCE COSTS AND IMPROVE THE LEVEL OF SERVICE, REDUCE HANDLING, INCREASE QUALITY, SPEED AND DELIVERY ARE GOALS OF THE CURRENT LAYOUTS. LEAN PRODUCTION DEMONSTRABLY BRINGS SEVERAL BENEFITS TO COMPANIES AND COMPETITIVENESS, MAKING THE COMPANY LEANER AND MORE EFFICIENT. ALLIED TO THIS, THE DMAIC METHODOLOGY CAN BE THE KEY TO HELP THE IMPLEMENTATION OF CHANGES, MAKING THE PROCESS SIMPLE, EFFICIENT AND SEQUENTIAL. TWO TYPES OF LAYOUT DESIGN WERE FOUND IN THE LITERATURE THAT DISCUSS VARIOUS CONCEPTS AND PREVIOUS MODELS, AND INCORPORATE THEM, IN THE CASE OF ONE OF THE MODELS, LEAN CONCEPTS. THIS ARTICLE SOUGHT TO STRUCTURE A PROCESS OF IMPROVING THE LAYOUT, BE IT A NEW PROJECT OR UPGRADING THE CURRENT TO MAKE THE LAYOUT SO LEAN AND EFFICIENT THROUGH THE DMAIC METHODOLOGY. EACH STAGE WAS DEFINED AND STRUCTURED BASED ON THE CONCEPTS OF THE MODELS FOUND IN THE LITERATURE, SO AS TO IMPROVE THE LAYOUT TO ELIMINATE WASTE AND PURSUE CONTINUOUS FLOW, IDENTIFYING THE TOOLS AND PROCEDURES REQUIRED TO PERFORM EACH LEVEL OF DMAIC.

**Keyword:** LAYOUT; DMAIC; FLOW; LEAN MANUFACTURING.

## 1. Introdução

Empresas buscam constantemente diminuir seus custos, aumentar o retorno pelo investimento e atingir a liderança do mercado e assim estar a frente da concorrência. Um fator da empresa determinante para isso é um sistema de manufatura enxuto e eficiente, o qual gera a capacidade da empresa em satisfazer clientes em custo, qualidade e entrega. Silva (2009) diz que o *layout* é importante na diferença entre um processo produtivo enxuto e eficiente ou não, onde os desperdícios são eliminados através de ferramentas *Lean*.

O arranjo físico produtivo estrutura o posicionamento físico e o fluxo dos recursos de transformação, determina a forma e aparência da produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008). O fluxo é o coração da planta da empresa, são os caminhos que todos os recursos utilizam através da planta, por isso este deve ser mínimo (MEYERS; STEPHENS, 2000).

O *layout* da empresa desempenha um papel importante no seu desempenho, sendo um fator crítico de sucesso em busca da liderança de mercado e de produtividade, desta forma seu projeto deve ser conduzido de forma eficiente e eficaz. *Layouts* inadequados oneram o processo produtivo e trazem grandes perdas tais como custo total alto, movimentações excessivas, estoques, defeitos e produtividade e qualidade baixas. Desta forma um bom *layout* trará melhor desempenho às empresas.

O projeto de *layout* ou as melhorias deste devem ser bem planejadas, analisadas e implantadas devido sua participação nos resultados da organização. Para isso, segundo Amado e Rozenfeld (2006) uma importante ferramenta que possibilita uma forma sistemática de realizar melhoria contínua de forma objetiva em processos produtivos é encontrada no seis sigma com o método DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*).

Este trabalho buscou estruturar uma metodologia para projeto de *layout* baseado em conceitos enxutos dentro da sistemática de melhoria DMAIC. Através de uma revisão bibliográfica foram encontrados dois modelos chaves que incluíam vários outros fatores e modelos para melhorar o desempenho dos arranjos físicos das empresas atuais, eles desenvolvem e constroem layouts eficientes e capazes de atender a diferentes especificações e estratégias, adequando a empresa para obter vantagem competitiva, principalmente no que diz respeito ao sistema de manufatura, armazenagem, movimentação e ao fluxo, visando sempre o menor custo.

Eles foram colocados dentro do DMAIC, uma metodologia de melhoria contínua altamente eficaz que possibilita a melhor aplicação e união dos modelos, juntamente com conceitos de Rentes (2013), em cinco fases características de forma correta e eficiente para que sua aplicação seja simples, eficaz e que atinja os objetivos da organização em relação ao seu *layout*, de forma estruturada e consistente.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Produção Enxuta

A produção enxuta opera com a filosofia que procura eliminar desperdícios, trabalhar focando as atividades que criam valor, alinhar a melhor seqüência de ações que geram valor e realizar essas atividades sem interrupções e cada vez mais eficazmente. A manufatura é enxuta porque oferece cada vez mais com cada vez menos recursos a fim de aproximar-se de

oferecer exatamente o que o cliente deseja essa produção consegue oferecer maior qualidade e flexibilidade a empresa (WOMACK; JONES, 2004).

A manufatura enxuta baseia-se conforme Shingo (2002) na eliminação contínua e sistemática dos desperdícios do sistema produtivo visando eliminar custos desnecessários, os quais são definidos como qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor. Liker (2005) descreve sete tipos de perdas sem agregação de valor, identificados pela Toyota, e um oitavo tipo identificado por ele:

- Superprodução: produzir itens para os quais não há demanda, mais rápido ou antes que o necessário;
- Tempo disponível (Espera): Ociosidade dos funcionários por causa da espera por peça, da falta de estoque e de atrasos diversos;
- Transporte ou movimentação desnecessária: grande movimentação de estoque, criação de transporte ineficiente por todo o processo;
- Processamento incorreto: passos desnecessários para processar as peças, processamento ineficiente por uso indevido de ferramenta ou projeto de baixa qualidade com movimentos desnecessários e defeitos;
- Excesso de estoque: matéria-prima, estoque em processo ou produto acabado em excesso, lead times longos, obsolescência, produtos danificados, custo de transporte e armazenagem além de atrasos. O estoque extra oculta problemas como defeitos, setup alto e atrasos;
- Movimento desnecessário: movimentos inúteis dos funcionários durante o trabalho, como procurar, pegar ou empilhar peças;
- Defeitos: produção de peças defeituosas ou correção. Consertar, re-trabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de tempo, manuseio e esforço;
- Desperdício da criatividade dos funcionários: perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver os funcionários.

Rother e Shook (2003) definem sete procedimentos que resumem princípios enxutos para eliminar esses desperdícios e melhorar o fluxo produtivo:

1. Produzir de acordo com o *Takt Time*: este é calculado dividindo-se o tempo disponível por turno pela demanda por turno. Procedimento que sincroniza a produção e fornece resposta rápida a problemas.
2. Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível: produzir uma peça de cada vez e passar imediatamente e sem paradas para o processo seguinte.
3. Usar supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se aplica: alguns pontos só é possível fabricar em lotes, por questões de tempo de ciclo, lead time ou distância. Neste caso ligue os processos através de um sistema puxado baseado em supermercados e *kanbans*.
4. Tentar enviar a programação do cliente para somente um processo de produção: programar somente um ponto no fluxo, escolhendo o processo puxador. Este é freqüentemente o último processo em fluxo contínuo no fluxo de valor, controlado pelos pedidos dos clientes.

5. Nivelar o mix de produção: distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador durante um período de tempo. Isto aumenta a aptidão para responder as diferentes solicitações dos clientes e diminui o estoque de produtos acabados e dos supermercados.
6. Nivele o volume de produção: criar uma puxada inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador. Estabelecer um ritmo de produção nivelado cria um fluxo de produção previsível que facilita ações corretivas e o entendimento de como está o desempenho da manufatura perante a demanda do cliente.
7. Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo dia, depois a cada turno, a cada hora ou *pitch*” nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador. Assim reduzindo os tempos de troca e de lotes para responder rapidamente a mudanças, além de requerer menos estoques.

## 2.2. Seis Sigma

Seis Sigma foi inventado na Motorola na década de 1980, motivada pelo alto custo da má qualidade descoberto nesta empresa. Uma grande parte dos produtos não atendia as exigências dos clientes, o que levou a altos índices de sucata, retrabalhos e devoluções. Devido a estes problemas, os engenheiros da Motorola desenvolveram o conceito de Seis Sigma, elevando o padrão de qualidade para menos de 3,4 defeitos por milhão (PANDE et al., 2000).

Pyzdek (2005) definem duas linhas de benefício para o processo Seis Sigma sendo a visão estatística onde o sigma é usado para representar a variação sobre a média do processo e o ponto de vista de negócios onde o Seis Sigma é definido como uma estratégia de negócios usada para melhorar a rentabilidade do negócio, para melhorar a eficácia e a eficiência de todas as operações para atender ou exceder as necessidades e expectativas do cliente.

## 2.3. DMAIC

Um padrão para desenvolver melhorias segundo Eckes (2003) foi identificado no Seis Sigma e dividido em cinco fases fundamentais para solucionar problemas, separando processos e ferramentas entre elas. O foco desta metodologia está no processo e as fases são dependentes entre si, onde os resultados de uma influenciam no desempenho da outra fase.

Essa abordagem estruturada para atividades de melhoria contínua dos processos é a chamada metodologia (DMAIC) a qual incorpora as seguintes fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Uma organização identifica uma área de problema, mede-a, identifica sua causa-raiz, implanta soluções para tratar essas causas e finalmente avalia e controla as melhorias (SPANYI; WURTZEL, 2004).

A primeira etapa do método DMAIC é a Define. Esta etapa consiste em descrever o problema, definir clientes, características, recursos, metas e mapa macro dos processos, coletar dados com o cliente, planejar a melhoria, identificar objetivos e a equipe do projeto (GEORGE et al., 2004; ECKES, 2003).

Measure é a segunda etapa do DMAIC e é para George et al. (2004) o momento onde devem ser definidas quais as características do projeto, coleta-se os dados e cria-se um sistema de medição, observa-se e mapea-se o processo mais profundamente.

Com os dados obtidos na segunda etapa, o passo seguinte é a etapa Analyze. Segundo Eckes (2003), durante esta etapa são analisados os dados e os processos envolvidos e determinadas quais as causas raízes que contribuem para o baixo desempenho do processo.

A quarta etapa do DMAIC é o Improve. George et al. (2004) considera que este é o momento de criar idéias para obter soluções possíveis para a eliminação das causas fundamentais dos problemas detectadas na etapa anterior. Estas soluções também devem ser escolhidas criteriosamente para poder ser implantada em larga escala.

A etapa final do DMAIC é o Control. Para Eckes (2003) esta etapa é a aplicação da solução da quarta etapa em larga escala e o controle de desempenho do processo ao longo do tempo. George et al. (2004) adiciona às atividades desta etapa a padronização das alterações realizadas no processo com a adoção das soluções e a definição de um plano de ações corretivas em caso de problemas, bem como treinamento a todos os funcionários e transferência para os “donos do processo”.

## 2.4. Layout

O *layout* é definido por Dias (1993) como a integração do fluxo de materiais, da operação dos equipamentos de movimentação, combinados com características que conferem maior produtividade humana, processando dentro do padrão de economia e rendimento. Ou simplesmente é o arranjo de homens, máquinas e materiais. Muther e Wheeler(2000) argumentam que ele envolve basicamente as relações entre as diversas atividades ou funções, o tipo e a quantidade de espaço para cada função e o ajustamento destas nele.

O *layout* para Gonçalves Filho (2001) determina a disposição física dos equipamentos, máquinas, serviços auxiliares, área de tráfego e armazenagem e deve minimizar a movimentação de pessoas, materiais no chão de fábrica, diminuindo os custos e tornando a manufatura mais eficiente e produtiva. Este de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2008) determina a maneira pela qual os produtos e pessoas fluem pelas operações. Os modelos escolhidos para elaboração desta pesquisa foi o de Gonçalves Filho (2001), pois é um estudo atual que considera os melhores conceitos de projeto de *layout* encontrados na literatura e o de Silva (2009) que acrescenta a este os conceitos de produção enxuta em um ambiente com alta variedade de peças.

## 2.5. Modelos de projeto de layout

### 2.5.1. Modelo de Gonçalves filho (2001)

Modelo genérico para projeto de layout, explicado na Figura 1:

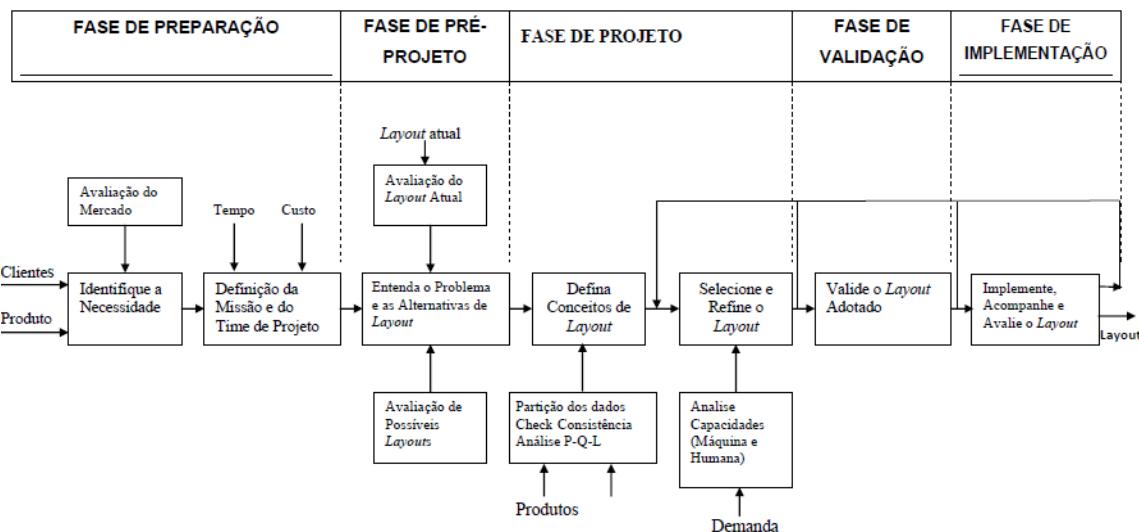


Figura 1 – modelo detalhado do processo de projeto do arranjo físico. Fonte: Gonçalves Filho (2001).

As cinco fases são definidas por Gonçalves Filho (2001) como:

1. Fase de preparação: definição da necessidade de reestruturar o *layout* ou projetar um novo. Formação da equipe e planejamento das atividades alinhadas aos objetivos.
2. Fase de pré-projeto: consiste em levantar o *layout* atual e entender e estudar as possíveis alternativas.
3. Fase de projeto: Definição e projeto do novo *layout*. Analisam-se os dados e diferentes projetos de *layouts*.
4. Fase de validação: Validar a proposta mais adequada.
5. Fase de implementação: Tornar o planejado em realidade e acompanhar seu desempenho.

### 2.5.2. Modelo de Silva (2009)

Trata-se, segundo o autor, de um modelo voltado para projeto de *layout* orientado para a produção enxuta, para empresas de manufatura discreta em ambientes com alta variedade de peças ou produtos e de demanda. Explicado na Figura 2, é dividido em três etapas principais:

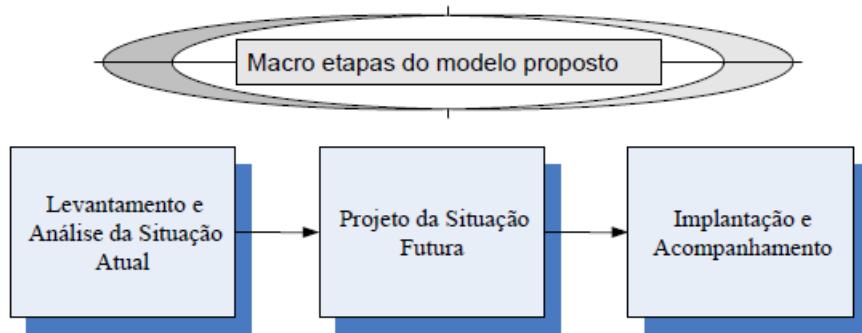


Figura 2 – Macro etapas do modelo de projeto de *layout* orientado a produção enxuta. Fonte: Silva (2009).

Segundo Silva (2009), a primeira etapa consiste na análise da situação atual e identificação dos desperdícios e oportunidades de melhorias; A segunda etapa esboça o cenário ideal para a empresa de acordo com os fluxos de valores; A última etapa formula os planos de ação, implantação e acompanhamento das melhorias.

## 3. Metodologia

Este trabalho foi baseado em uma revisão parcial da literatura a respeito do assunto de interesse, para isso o método utilizado foi a pesquisa bibliográfica. Conforme Cervo, Bervian e da Silva (2007), toda pesquisa necessita de uma pesquisa bibliográfica bem elaborada e consistente cujo objetivo é analisar e conhecer as contribuições científicas de determinado assunto. Neste trabalho a pesquisa foi realizada em teses, artigos científicos e livros sobre os assuntos e utilizou-se de dois modelos encontrados na literatura que possibilitaram o estudo, juntamente com as notas de aula de Rentes (2013). Adequou-se por fim estes modelos de construção de *layout* a metodologia de melhoria DMAIC, como pode ser visto na Figura 3.

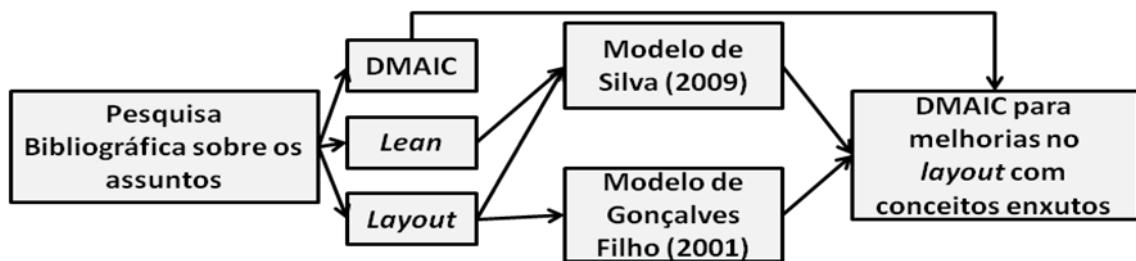


Figura 3 – Metodologia do estudo. Fonte: elaboração própria.

#### 4. DMAIC para layout enxuto

Nesta etapa são definidos os procedimentos a serem seguidos na aplicação desta metodologia para reestruturação ou projeto de um novo *layout*. Essa metodologia foi elaborada seguindo os conceitos de Rentes (2013) Silva (2009) e Gonçalves filho (2001) onde as considerações e características de cada método foram reunidas dentro das cinco etapas seqüenciais do DMAIC de forma a estruturar a aplicação da mudança com base nos três autores. A Figura 4 mostra o DMAIC estruturado de forma simples e explicativa, com as atividades a serem desenvolvidas em cada fase.

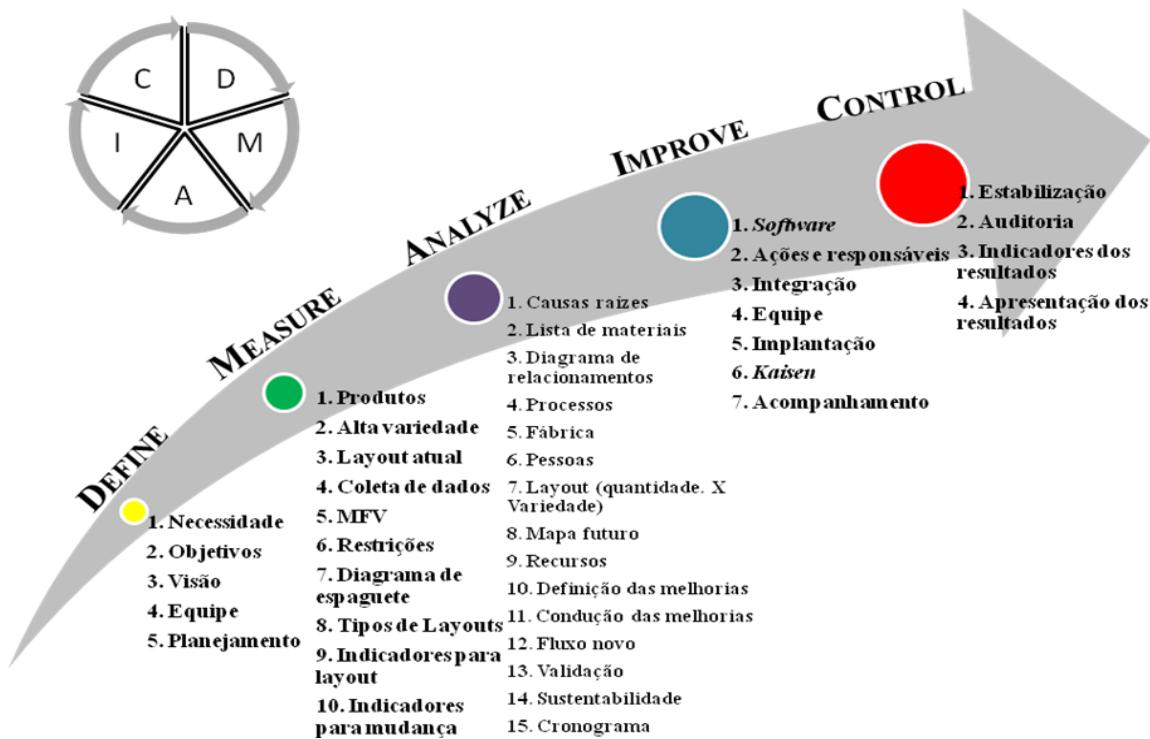


Figura 4 – Estruturação do DMAIC para Layout enxuto. Fonte: Elaboração própria.

##### 4.1. Define

Esta primeira fase é muito importante, pois define o início do projeto, seu escopo e seus objetivos. A fase de preparação do modelo de Gonçalves Filho (2001) e o modelo de Silva (2009), cuja etapa ficou implícita, foram utilizados nesta parte.

1. Identificação da necessidade de mudança: esta pode ocorrer por fatores internos e/ou externos que influem no desempenho organizacional, na eficiência e na satisfação dos clientes, além da necessidade de ampliação ou busca de novos mercados. Portanto o primeiro passo é identificá-la.
2. Definição dos objetivos: estes devem estar diretamente ligados as necessidades de mudança do *layout* em função da estratégia da empresa. Geralmente estão associados à redução de custo, melhoria em qualidade e em entrega, produtividade, disponibilidade e aumento da participação no mercado. O segundo passo então é defini-los.
3. Estabelecimento de uma visão: determinar as expectativas da organização com os resultados esperados das mudanças.
4. Formação e capacitação da equipe: a equipe deve ser multidisciplinar e ter membros de vários níveis e apresentar conhecimento em todas as áreas relacionadas com as mudanças no *layout*, além disso, deve-se haver treinamento para conduzir tal projeto e a presença do líder responsável pelo projeto. Faz-se necessária a presença de uma consultoria *lean* para desenvolver uma equipe capacitada neste quesito e para assim sustentar as melhorias que serão conseguidas. Aqui se deve verificar disponibilidade e motivação para realização do projeto e providenciar um ambiente adequado para condução integrada e eficiente do mesmo.
5. Planejamento: elaborar um cronograma das atividades a serem desenvolvidas no projeto do *layout*, as responsabilidades devem ser definidas, os tempos estimados e a seqüência estabelecida. Faz-se necessário um gerenciamento eficiente das atividades e a elaboração de relatórios das discussões e das decisões tomadas.

#### **4.2. Measure**

Nesta etapa utilizou-se a fase de pré-projeto do modelo de Gonçalves Filho (2001) e a primeira etapa do modelo de Silva (2009) nomeada por ele de levantamento da situação atual. Aqui se entende o *layout* atual, seus fluxos e problemas para propor melhorias e adequar novos conceitos de *layout* que podem surgir ao longo dos anos. Através da medição utilizada nesta fase pode-se comparar o arranjo físico anterior e o implantado para verificar os efeitos das mudanças no resultado pretendido.

1. Levantar todos os bens produzidos pela fábrica e em caso de mix elevado de produtos e/ou de peças dividi-los em famílias com características ou especificações similares.
2. Em caso de alta variedade de peças: definir os produtos Best Sellers, formar famílias com maiores similaridades de processo, freqüência e demanda entre eles e então alocar os não Best Sellers nelas. Se necessário utilizar o mesmo processo para os componentes dos produtos para cada família.
3. Avaliação do *Layout* atual: Identificação dos problemas, de ineficiência no fluxo, dos estoques e dos recursos produtivos e instalações. Para a obtenção dos dados deve-se realizar mapeamentos, tirar fotos, entrevistar funcionários, etc.
4. Coletar informações sobre as características da fábrica e do produto, estes dados precisam ser detalhados e precisos, abrangendo os equipamentos de movimentação e armazenagem.
5. Realizar o mapeamento do fluxo de valor (MFV) para cada família de produtos em relação à situação atual. Utilizar a metodologia proposta por Rother e Shook (2003) na parte dois do livro.

6. Identificar as restrições do *layout* em função dos equipamentos, do espaço físico, do produto, da mão de obra e dos sistemas de movimentação e transporte.
7. Traçar o diagrama de espaguete através de um mapa e o desenho das rotas dos materiais, das ferramentas e das pessoas e quantificar as distâncias físicas percorridas por estes.
8. Levantar os vários tipos de arranjo físico utilizados por organizações e os disponíveis na literatura, para assim verificar se o *layout* atual é realmente o mais eficiente ou em caso de um novo projeto, escolher a melhor alternativa.
9. Criar indicadores que possam medir as características e os resultados do *layout*, sua eficiência, produtividade, confiabilidade, flexibilidade, custo e qualidade, com indicadores de tendência e de resultado para assim poder medir e comparar esses quesitos.
10. Criar indicadores para medir o desempenho do próprio processo de mudança, para melhor gerência e acompanhamento do mesmo, e com isso torná-lo visual a toda equipe.

#### **4.3. Analyze**

Nesta etapa utilizou-se a fase de projeto do modelo de Gonçalves Filho (2001) e a etapa de projeto da situação futura de Silva (2009). Aqui se analisa os dados obtidos, encontram-se as causas raízes dos problemas onde devem ser aplicadas as melhorias, projeta-se a situação futura da empresa com base nos conceitos enxutos e define-se o melhor arranjo físico para os objetivos definidos e a estratégia a ser seguida.

1. Identificar as causas raízes: para isso fazer o diagrama de Ishikawa e a árvore da realidade atual a fim de entender os problemas encontrados no *layout*, suas causas principais e seus efeitos. Com esses dados torna-se possível focar nas poucas restrições que devem ser atacadas e com isso maximizar a melhoria do sistema.
2. Em caso de alta variedade de peças, realizar o desenho de conjunto de um produto, mostrando as peças e quantidades necessárias através da lista de materiais.
3. Montar o diagrama de relacionamento entre componentes e departamentos, e de espaço para encontrar as limitações práticas que houver.
4. Entender aprofundadamente os processos de fabricação de cada família de peças e o porquê deles estarem sendo utilizados, para poder identificar possíveis alterações e simplificações visando o aumento da eficiência.
5. Entender toda a fábrica, suas dimensões, especificações e características.
6. Entender o pessoal e suas respectivas características, observando a existência de multifuncionalidade entre eles e assim planejar treinamentos para desenvolvê-la caso for necessário no novo *layout*.
7. Definir o *layout* necessário para cada família de produtos considerando a quantidade produzida de cada uma, e a relação entre a variedade de peças e o tamanho dos lotes. Descrever as vantagens e desvantagens para poder compará-los. A Figura 5 mostra um gráfico de comparação entre diferentes tipos de *Layout* em relação à variedade de peças e a quantidade do lote de cada produto ou peça. Quanto maior a variedade de peças e menor o lote de produção tende-se ao *layout* funcional, quanto menor a variedade e maior o lote tende-se ao *layout* de linha.

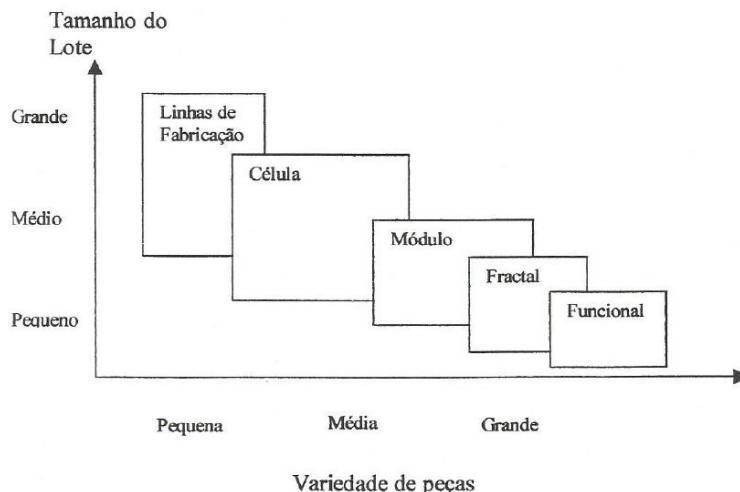


Figura 5 – Relacionamento entre tamanho do lote e variedade de peças. Fonte: Gonçalves Filho (2001).

8. Desenvolver o mapa da situação futura com as recomendações para o projeto desta, utilizando a metodologia de Rother e Shook (2003) encontradas nas partes três e quatro do livro que são respectivamente o que torna um fluxo de valor enxuto e o mapa do estado futuro.
9. Dimensionar recursos, espaço para estoques, supermercados ou pulmões entre processos ou departamentos e aplicar *First-In-First-Out* (FIFO) onde for possível entre as operações.
10. Definir as melhorias a ser implantadas e escolher o melhor arranjo físico para a fábrica nas condições atuais e para a estratégia adotada.
11. Criar uma estrutura organizacional para condução de melhorias, com pensamento e empresa *lean* e administração comprometida com esta filosofia e com os objetivos estipulados.
12. Levantar as novas movimentações, distâncias percorridas e o novo fluxo. Com isso verificar se o novo *layout* é satisfatório. Em caso negativo voltar à etapa *measure*.
13. Validação: visualização do *layout* dentro do espaço físico disponível e realização de sua respectiva simulação.
14. Sustentabilidade das mudanças: definir responsáveis para isso, estrutura de auditoria e premiações.
15. Cronograma macro de implantação e cronograma detalhado de desenvolvimento da melhoria, podendo utilizar o gráfico de GANTT.

#### **4.4. Improve**

Nesta etapa foi baseada nos conceitos de Gonçalves Filho (2001) através da fase de implementação e de Silva (2009) com a etapa de implantação e acompanhamento. Realiza-se um planejamento e definem-se as ações e os responsáveis nesta fase.

1. Utilizar um *software* de controle de projeto dependendo das dimensões do novo *layout*.
2. Estipular todas as ações de implantação, os responsáveis e prazo para cada uma delas serem concluídas.

3. Envolver pessoas de diferentes setores para promover compartilhamento de responsabilidade.
4. Formação e capacitação de uma equipe para implantação, comprometida com a missão da empresa e da melhoria.
5. Aplicar a metodologia proposta por Rother e Shook (2003) explicada na parte cinco do livro, atingindo o estado futuro.
6. Utilização da técnica *Kaisen* para melhorias no *layout*.
  - 6.1. Planejar a ação específica de melhoria no *layout*, através do *pré-kaisen*.
  - 6.2. Evento *kaisen* para implantação e desenvolvimento rápido das melhorias.
  - 6.3. *Pós-kaisen*, para estabilizar as mudanças e premiar as equipes com os resultados obtidos por todos.
7. Acompanhamento para verificar se o planejado está sendo realmente implantado.

#### **4.5. Control**

Nesta última etapa foram utilizados a fase de implementação do modelo de Gonçalves Filho (2001) e a etapa de implantação e acompanhamento de Silva (2009). Aqui se conclui o projeto e os resultados são obtidos.

1. Acompanhamento para estabilização e padronização das mudanças.
2. Auditorias periódicas para verificar se o arranjo está funcionando corretamente, com pontuação para sustentação das mudanças.
3. Indicadores para medição de desempenho com o intuito de identificar o resultado das melhorias e compará-las aos indicadores utilizados na etapa *measure*.
  - 3.1 Indicadores para acompanhar o desenvolvimento das mudanças.
4. Medir e apresentar os resultados, com possíveis premiações às equipes que participaram da construção do novo *layout*.

Os procedimentos descritos devem ser seguidos e implantados na correta ordem aqui descrita. Estes fornecem um guia para aplicação e realização das melhorias no *layout* de forma estruturada.

#### **5. Considerações finais e perspectivas futuras**

Os modelos mais completos e atuais encontrados na literatura foram analisados e adequados dentro de uma metodologia de melhoria contínua bem conceituada no momento, possibilitando a união deles nas fases do DMAIC, auxiliando no projeto e desenvolvimento de um *layout* com base nos conceitos de produção enxuta e na eficiência de cada tipo de manufatura.

Os dois modelos foram estruturados no método sistemático de melhoria contínua de forma teórica baseada nos conceitos apresentados pelos três autores previamente citados. O DMAIC aqui desenvolvido conta com 40 procedimentos divididos nas cinco fases que são seqüenciais e que dependem do resultado da etapa anterior, sendo elas: fase *Define* com 5 procedimentos, *Measure* com 10, *Analyse* com 15, *Improve* com 7 e *Control* com 4.

Os conceitos usados foram satisfatórios para elaboração do estudo, pois estes possuem atividades e ferramentas para cada fase que compõe o modelo DMAIC, mostram de forma clara a sequência das atividades bem como o que deve ser realizado em cada uma, podendo ser aplicado por qualquer pessoa que detenha o mínimo de conhecimento necessário em projeto de *layout* e manufatura enxuta. Os procedimentos se bem aplicados levam a uma mudança do *layout* relacionada com os objetivos da organização, mostrando desde o planejamento até o controle do novo sistema, bem como o acompanhamento com indicadores para medir o desempenho do projeto e da melhoria. A metodologia conseguida considera diversos ambientes de produção, sendo possível de ser generalizada.

Este estudo pode contemplar fatores específicos de cada ambiente de manufatura e, portanto, podem ser acrescentados novos conceitos e características não abordadas, tal como a consideração de aspectos ergonômicos no projeto de trabalho dentro do layout. O modelo ficou restrito ao campo teórico e por isso necessita de validação através de aplicações práticas em empresas.

## 6. Referências bibliográficas

- AMADO, R. F.; ROZENFELD, H. *Análise da aplicabilidade do método DMAIC do modelo Seis-Sigma*. In: Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil, 2006.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. *Metodologia Científica*. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- DIAS, M. A. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- ECKES, G. *Six Sigma for Everyone*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
- GEORGE, M.; ROWLANDS, D.; KASTLE, B. *What's lean six sigma?* New York : McGraw-Hill, 2004.
- GONÇALVES FILHO, E. V. *Arranjo Físico da Fábrica – Um modelo para o processo de projeto e um algoritmo genético para a formação de células de fabricação*. Tese (Livre-Docência). Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
- LIKER, J. K. *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MEYERS, F. E.; STEPHENS, M. P. *Manufacturing facilities Design and material handling*. 2<sup>a</sup> Ed. Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- MUTHER, R.; WHEELER, J. D. *Planejamento sistemático e simplificado de layout*. São Paulo: IMAM, 2000.
- PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. *Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seus desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.
- PYZDEK, T. *A Roadmap for deploying six sigma in small businesses*. Isixsigma.com. Oct., 2005. Disponível em: <<http://www.isixsigma.com/library/content/c051024a.asp>>. Acesso em 03 jul. 2013.
- RENTES, A. F. “Tópicos especiais em processos de mudança”. Escola de engenharia de São Carlos. Notas de aula, 2013.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar*. São Paulo: LeanInstitute Brasil, 2003.
- SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996. Reimpressão 2002.
- SILVA, A. L. *Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para produção enxuta*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2. Ed. 7<sup>a</sup> Reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

SPANYI, A.; WURTZEL, M. *Six sigma for the rest of us*. QualityDigest, Chico, July 2003. Disponível em: <[http://www.qualitydigest.com/july03/articles/01\\_article.shtml](http://www.qualitydigest.com/july03/articles/01_article.shtml)> Acesso em: 05 Jul. 2013.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. *A mentalidade enxuta nas empresas - leanthinking: elimine o desperdício e crie riqueza*. 11ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.