

Implementação de um sistema vertical automatizado de estocagem: estudo de caso em uma empresa de manufatura

Diógenes Marcelo Cassiano Coriguazi (UNIMEP) dio_marcelo@yahoo.com.br
Alexandre Tadeu Simon (UNIMEP) atsimon@unimep.br
Gleison Melhado Matana (UNIMEP) glmmatana@unimep.br

Resumo:

Os processos da logística interna, como transporte, manuseio e estocagem de materiais, vem ganhando ênfase nas empresas, devido aos custos e requisitos referentes ao ganho de eficiência destes processos. Com isso, a automatização dos processos logísticos tem se tornando mais frequente, considerando, também, uma melhor comunicação entre os sistemas da empresa com o controle de materiais e redução dos custos nas operações logísticas. Dentre várias possibilidades referentes a ganhos de eficiência, nos processos logísticos, por meio da automatização, como a utilização de robôs e de veículos automatizados, tem-se o sistema vertical automatizado para estoque de materiais como uma opção. O objetivo deste trabalho é apresentar os benefícios da utilização de um sistema automatizado de estocagem de materiais, para itens de classe C, por meio de um estudo de caso de uma empresa de manufatura. Este estudo foi realizado em uma empresa de manufatura de grupos geradores de energia elétrica, onde, por meio da utilização da metodologia seis sigma, foi desenvolvido um projeto para análise de duas opções, sendo elas a utilização de um sistema automatizado para estoque de materiais ou o aluguel de um galpão para instalação em área externa, devido a uma demanda por espaço físico. Para a escolha da melhor opção foram considerados fatores como melhoria de eficiência dos processos da logística interna (como movimentação e localização dos materiais) além do *payback*, taxa interna de retorno e valor presente líquido. O sistema automatizado de estoque foi escolhido como a melhor opção por atender todos os requisitos da empresa.

Palavras chave: Automação, Logística interna, DMAIC, Estoques verticais, Eficiência.

Implementation of an automated vertical storage system: a case study in a manufacturing company

Abstract

The internal logistics processes, such as transportation, materials handling and storage, have been gaining more emphasis in the companies, due to the costs and requirements related to efficiency gain, of these processes. Thus, the automation of logistics processes have become more frequent, also considering a better communication among the enterprise systems and the materials control and costs reductions in the logistics operations. Among several possibilities to achieve efficiency gains, in the logistics processes, through automation such as the use of robots and automated guided vehicles, there is the automated vertical system for material storage as an option. The objective of this study is to present the benefits of using an automated materials storage, for class C items, through a case study of a manufacturing company. This study was conducted in an electric power generator sets manufacturing company where, through the use of six sigma methodology, a project was developed for analyzing two options, being them the use of an automated materials storage system or renting a tent for installation in outdoor area, due to a demand for physical space. For choosing the best option were considered factors such as efficiency improvement for internal logistics processes (like materials handling processes and

materials localization), the payback period, internal rate of return and net present value. The automated storage system was chosen as the best option for fulfilling all business requirements.

Key-words: Automated, Internal logistics, DMAIC, Vertical storage, Efficiency

1. Introdução

Como grande parte das empresas trabalha de forma enxuta é importante que todos seus processos suportes sejam tão eficientes quanto os principais. Neste contexto, a logística é um processo fundamental para o sincronismo entre os processos de empresas, tendo como missão colocar os produtos ou serviços certos, no lugar certo, no momento certo, nas condições desejadas, a um custo razoável (BALLOU, 2004). Assim, a introdução de tecnologias, como a automação, são essenciais para que esses processos atinjam uma eficiência ideal, buscando um alinhamento entre todas as atividades da empresa.

Observa-se que na logística interna, a qual envolve processos como o transporte, manuseio e armazenagem de materiais, existem muitas oportunidades de melhoria para ganho de eficiência, pois grande parte desses processos são executados de forma manual (LAI, 2004), o que aumenta a probabilidade de erros, demanda maior volume de mão de obra, causa problemas ergonômicos aos colaboradores envolvidos no processo e, por fim, impacta negativamente a eficiência global da empresa (GUPTA; BUZACOTT, 1989).

As atividades de manuseio de materiais, com baixa ou nenhuma utilização de equipamentos, estão, na maioria das vezes, ligadas aos itens de classificação C, pois geralmente são itens pequenos, de baixo valor, porém com grande volume de movimentação. Itens de classificação C, são os itens que representam por volta de 75% dos itens da empresa (VIANA, 2000).

Uma das maneiras que tem se mostrado eficiente na melhoria dos processos da logística interna é a automatização. Nos últimos anos, no total da automatização aplicada em áreas diversas, como por exemplo a utilização de robôs, cerca de 10% estão relacionadas com as operações da logística e este número tende a aumentar nos próximos anos (KARABEGOVIĆ et al., 2015). Uma opção para automatização da armazenagem de materiais é a utilização de sistemas verticais automatizados. Além de facilitar o manuseio, estes sistemas podem trazer ganhos de eficiência, acurácia, ergonomia e também de espaço físico (considerando que a área utilizada para instalação do equipamento seria, em alguns casos, menor que área utilizada por racks e prateleiras).

Com isso, o objetivo deste artigo é apresentar os benefícios da utilização de sistemas automatizados de estocagem de materiais, para itens de classe C, por meio de um estudo de caso em uma empresa de manufatura. O trabalho é composto de uma revisão da literatura, descrição do método de pesquisa, estudos para implementação do sistema vertical ou galpão de vinil (utilizando a metodologia seis sigma - DMAIC) e conclusão, apresentando o resultado do projeto.

2. Revisão da Literatura

A verticalização de estoques é umas das principais estratégias das empresas no intuito de alcançar os objetivos logísticos, principalmente nas operações de armazenagem de materiais e produtos prontos para embarque (RAGO, 2002)

Para os processos da logística interna, especificamente para o manuseio e estocagem de materiais, um dos métodos utilizados é o sistema automatizado de estoque vertical (LITVAK; VLASIOU, 2010), o qual, em muitos casos, é utilizado na estocagem de itens de menor valor e peso, classificados como itens “C”, pois reduz o espaço nobre da empresa utilizado para estoque desses itens, melhora a ergonomia dos empregados, melhora a acurácia do registro de

inventário, reduz a necessidade de mão de obra nesta atividade, automatiza o sistema FIFO (*first-in / first-out*), automatiza o processo de requisição de material no ponto de uso e aumenta a velocidade de abastecimento, no ponto de uso (ZOLLINGER, 1999).

Devido aos benefícios mencionados anteriormente e também a outros ganhos como a redução de desperdícios referentes ao excesso de movimentação e o aumento da capacidade de estoque, estes sistemas verticais, também conhecidos como ASRS (*automated storage / retrieval systems*) tendem a ter sua aplicação aumentada em empresas (BOYSEN, STEPHAN, 2016).

Para a implementação deste tipo de sistema, alguns itens devem ser definidos, como a escolha de qual equipamento melhor atende as necessidades da empresa, o método de cálculo referente ao ganho financeiro para empresa, o melhor *layout* para a instalação do equipamento e o método utilizado para planejar e acompanhar a instalação do equipamento (DE LONG; SUMMERS, 1991).

Existem vários métodos para análise de investimento em capital, utilizados pelas empresas para justificar seus investimentos. Dentre eles, o *payback* é um método bastante utilizado (BORNIA, 2007), além do valor presente líquido e a taxa interna de retorno, pois fornecem dados para a tomada de decisão referente a investimentos em capital (ASSAF NETO, 2003). Para obter o *payback* simples de um projeto de investimento é preciso verificar o tempo necessário para que o saldo do investimento (soma dos fluxos de caixa colocados e gerados pelo investimento) seja igual a zero (BRUNI, 2013). Com relação ao valor presente líquido e a taxa interna de retorno é necessário calcular o fluxo de caixa final, incluindo no cálculo final do VPL, o valor do investimento e a taxa mínima de atratividade, e da TIR apenas o valor do investimento (ASSAF NETO, 2003).

Além do *payback* TIR e VPL, a análise financeira pode estar embasada nos custos operacionais dos processos, pois entre vários itens, estes custos são compostos de salários, aluguéis, serviços (manutenção) e custos com energia (HORNGREN; FOSTER; DATAR, 1997).

Existem várias técnicas e métodos que auxiliam as empresas a estruturar suas atividades e também suportam a administração na tomada de decisão. Dentre esses métodos o seis sigma é uma ferramenta de sucesso em grande parte das empresas, pois faz a mensuração direta dos benefícios do programa pelo aumento da lucratividade da empresa (conhecido como “*bottom-line results*”), utiliza um método estruturado para o alcance das metas e possui um elevado comprometimento da alta administração da empresa (WERKEMA, 2012).

Proveniente do seis sigma, o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar / *Improve*, Controlar) é um método utilizado para alterar rotinas já estabelecidas ou criar novas rotinas (SCHROEDER et al., 2008), ou ainda, na redução da variabilidade de um processo, solução de um problema ou melhoria de um processo (MCADAM; LAFFERTY, 2004), auxiliando a atingir os objetivos de projetos.

3. Método de Pesquisa

O método de pesquisa utilizado neste estudo foi o estudo de caso, dessa forma, um método de pesquisa explicativo, de natureza aplicada, pois gera conhecimentos para aplicação prática e com uma forma quantitativa de abordagem do problema, pois trabalha com dados quantificáveis (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Na condução deste estudo de caso, foi utilizado um método (Figura 1) onde definiu-se uma estrutura conceitual teórica, desenvolveu-se também o planejamento do caso a ser estudado, dados foram coletados e analisados a fim de se chegar a um relatório para a conclusão do estudo (MIGUEL, 2007). Este processo foi combinado ao seis sigma (DMAIC), para aprimorar a estruturação do projeto, atribuindo maiores informações para suporte a tomada de decisão, por

parte da administração da empresa.

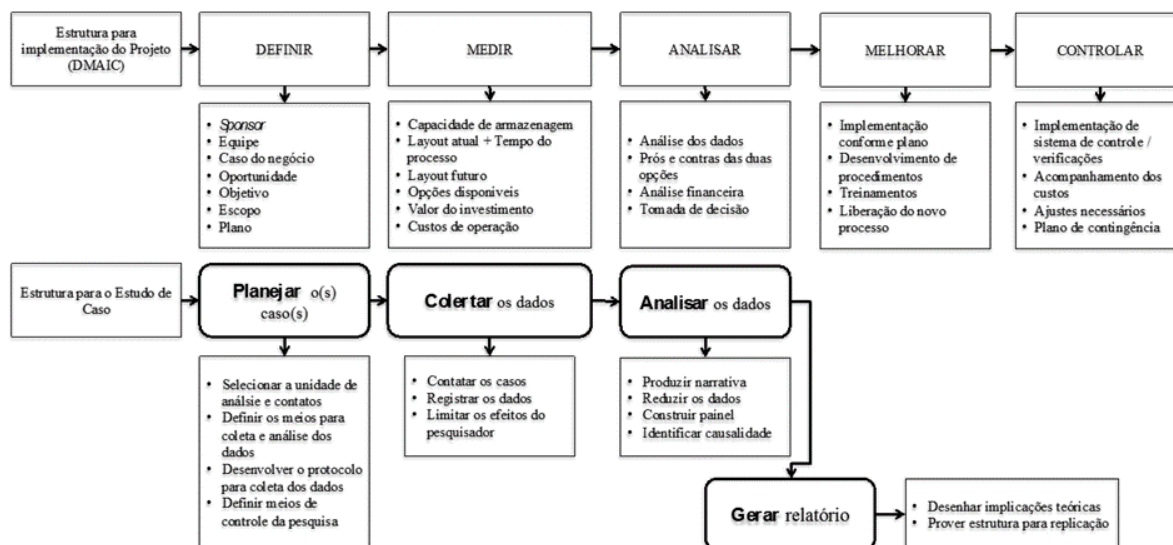


Figura 1 – Estrutura para implementação do sistema vertical automatizado de estoque de materiais ou galpão de vinil

fonte: adaptado de Miguel (2007)

4. Desenvolvimento da pesquisa

O estudo em questão ocorreu em uma empresa de manufatura de grupos geradores que apresentou uma necessidade de verticalizar o estoque de materiais classificados como itens C, devido a um requisito de disponibilização de espaço físico interno, referente a uma exigência de adequação do *layout* para a introdução de novas linhas de produtos e também para armazenagem de materiais de classes A e B, pois sem esse espaço disponível, a introdução de novos produtos e, conseqüentemente, a geração de um lucro incremental a empresa se tornaria inviável. Opções como utilização de galpão externo (galpão de vinil) ou a verticalização do estoque foram avaliadas. Assim, o planejamento de execução se deu conforme Figura 1, utilizando a metodologia seis sigma, pois a empresa estudada possui essa metodologia bem difundida com *Master Black Belts*, *Black Belts* e *Green Belts* treinados e ativos para a execução de projetos diversos.

4.1 Fase Definir

Nesta fase, primeiramente, foi definido o sponsor do projeto, o qual é responsável pelo suporte ao time, participação ativa nas decisões e definições do projeto, além da responsabilidade de aprovação ou não das mudanças de fase do projeto. Além do sponsor, também foi definido o líder do projeto (Black Belt), responsável pela utilização das ferramentas do seis sigma, preparação do project charter, descrevendo o caso do negócio (qual o benefício em executar este projeto) a oportunidade (descrevendo o porquê da execução do projeto, qual a necessidade da empresa), o objetivo do projeto, o escopo, o plano de execução (as datas de cada fase) e, por fim, a definição dos membros da equipe, que devem ser colaboradores multifuncionais, para haver uma visão de pessoas de fora do processo, e ainda garantir que o novo processo mantenha a interação entre as áreas. Após essas etapas concluídas, iniciou-se a fase de medições.

4.2 Fase Medir

Na fase de medição, iniciou-se a pesquisa sobre o *layout* anterior as mudanças e o *layout* futuro, onde foi verificado qual o equipamento ideal para a verticalização do estoque, baseado no volume de material a ser estocado (cinco mil cento e sessenta itens, de acordo com a empresa), qual a área disponível para instalação do equipamento, e requisitos técnicos necessários para

atender a demanda de eficiência referente ao manuseio de material para entrega nas linhas de montagem. Neste momento, membros da equipe das áreas da logística, compras, e engenharia de manufatura ficaram responsáveis por selecionar opções de equipamentos, disponíveis no mercado, que suprissem os requisitos técnicos da empresa. Outra parte da equipe, com representantes das áreas de planejamento logístico e produção, ficaram responsáveis pela verificação do aluguel de galpão de vinil, para uma área externa, com o intuito de mover itens da classe C para este galpão. Para ambas as opções, foram realizadas análises de investimento e de custos operacionais, além dos possíveis ganhos em eficiência.

4.2.1 Avaliação do *layout* anterior

O *layout* anterior a alteração proposta, utilizado para o estoque de itens C, ocupava uma área de trezentos e oitenta metros quadrados, em um local nobre da empresa, pois este local possui toda a infraestrutura para comportar uma linha de montagem ou o estoque de itens A e B (Figura 3). Considerando este *layout*, a capacidade de estoque de material era de cinco mil cento e sessenta itens, a distância total para coleta, entrega e retorno até o ponto inicial, era de duzentos e setenta metros, em um tempo total de cento e um minutos por ciclo de coleta/entrega.

Com a introdução de novos modelos de grupos geradores, a empresa viu-se forçada a redesenhar seu *layout*, pois estes novos modelos trariam um incremento de vendas e receita. Para comportar tanto a linha de montagem quanto as cabines de teste, dois locais específico da fábrica, com dimensões de trezentos e noventa metros quadrados e mil e seiscentos metros quadrados, foram definidos, porém nestes locais havia o estoque de itens B (Figura 2), com isso, criou-se a necessidade de mover estes itens para o local onde estavam estocados os itens C, devido a impossibilidade de verticalizar ainda mais o estoque dos itens A e B, e também pelo fato de a localização onde estavam os itens C ser mais apropriada para a armazenagem dos itens A e B. Verificou-se também a possibilidade de utilização de uma área externa para a instalação de um galpão de vinil, com a dimensão de quatrocentos metros quadrados. Esta área fica aproximadamente a cento e trinta e cento e sessenta metros das linhas de montagem que possuem os maiores volumes de produção, o que aumentaria o fluxo de transporte de material, consequentemente, trazendo desperdícios para o processo logístico.

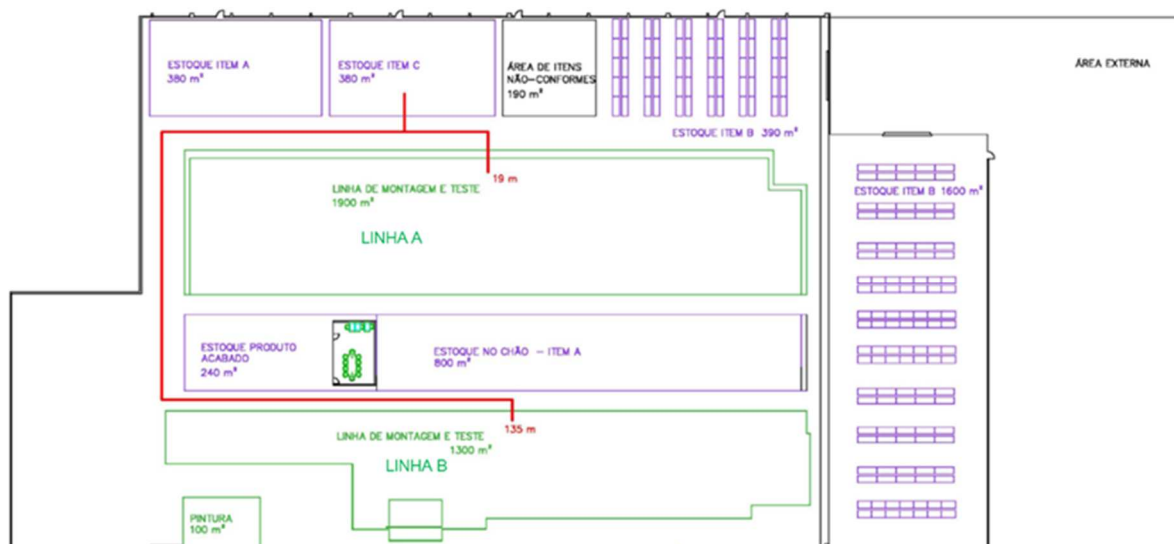


Figura 2 – *Layout* antes da implementação

4.2.2 Avaliação para aluguel de um galpão de vinil

Devido ao aluguel de galpões de vinil ser uma prática comum na empresa, considerando possíveis variações de demanda e, no pior cenário, a retirada destes galpões, parte da equipe do

projeto dedicou-se, na fase de medição, a verificar quais as vantagens e desvantagens para o aluguel de um galpão, para ser instalado na área externa do prédio.

Considerando que o fornecedor desde produto já possuía contrato de prestação de serviços e aluguéis com a empresa estudada, o valor anual de aluguel de um galpão, orçado pela equipe, com uma dimensão de quatrocentos metros quadrados, era de noventa e três mil e seiscentos reais. Verificou-se também os custos operacionais do galpão que são compostos dos salários de dois empregados, no valor total de setenta e oito mil reais por ano, custos de manutenção, no valor de dois mil e trezentos reais por ano, custos referentes ao consumo de energia, no valor de dez mil quatrocentos e cinquenta e quatro reais por ano e, por fim, o custo referente ao seguro do galpão, no valor de cinco mil e oitocentos reais por ano.

Um ponto positivo verificado pela equipe do projeto está relacionado a preparação do terreno para a instalação, pois devido ao contrato, ficou de responsabilidade da empresa contratada. Os pontos negativos estão relacionados a capacidade de estoque, que se manteria a mesma, a distância de trezentos e cinquenta e cinco metros para o ciclo de entrega nas linhas de montagem, o que equivale a um aumento de 31% na rota de coleta/entrega dos materiais (porém haveria também a entrega nas duas novas linhas de montagem) (Figura 3), haveria também um acréscimo de 50% no tempo total de coleta, entrega e retorno ao ponto inicial (também considerando as duas novas linhas de montagem), passando então para um tempo total de aproximadamente cento e cinquenta e um minutos, além da necessidade de utilização de dois empregados na execução desta atividade, impactando negativamente a eficiência das operações logísticas. Além do mais, as ineficiências referentes ao manuseio continuariam.

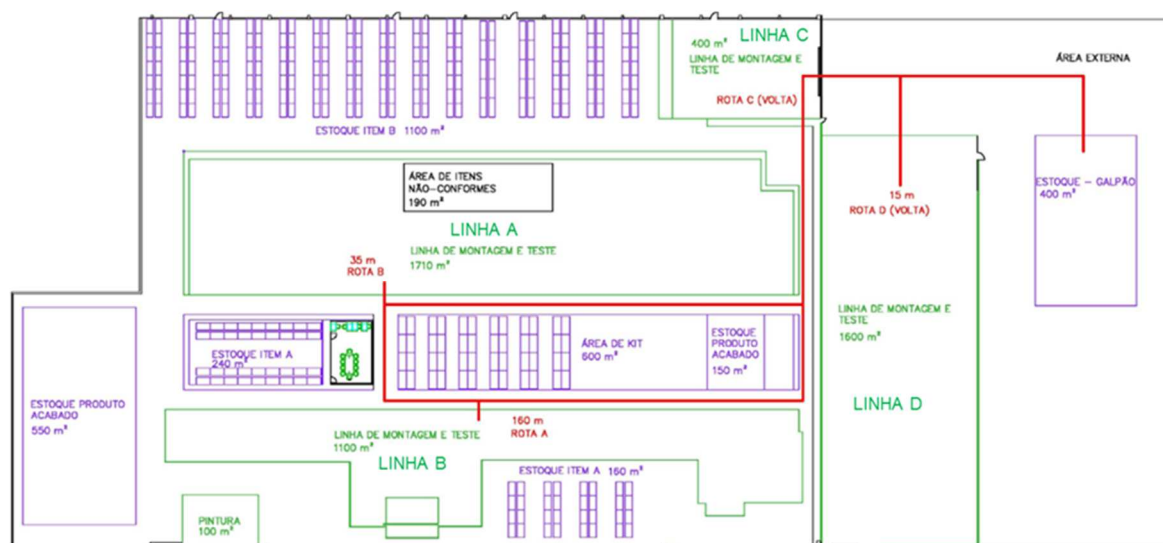


Figura 3 – Implementação de galpão de vinil

4.2.3 Avaliação para compra de um equipamento de estoque vertical automatizado

A equipe do projeto, encarregada por definir o melhor equipamento que atendesse aos requisitos da empresa, sugeriu a compra de um equipamento, de marca conceituada no mercado, capaz de armazenar doze mil cento e vinte itens, fazer interface com sistemas já existentes na empresa (SAP), realizar o FIFO e seleção dos itens de forma automática, disponibilizando todo o material, para entrega nas linhas de montagem, em quarenta e três minutos. A dimensão da área utilizada pelo equipamento é de cento e cinquenta metros quadrados (redução de 39% de área nobre, utilizada para armazenagem de material de classe C), permitindo, assim, a utilização de uma área interna da fábrica com melhor acesso a todas as linhas de montagem (Figura 4), havendo também um aumento de 135% na capacidade de armazenagem (aproximadamente doze mil cento e vinte itens).

O valor de compra e instalação do equipamento é de seiscentos e quinze mil reais, o que seria a maior desvantagem, a primeiro momento, para utilizar esta opção no projeto, devido ao alto investimento. Além disso, haveriam os custos operacionais, referentes a utilização do equipamento, que são compostos dos custos referentes ao salário de um empregado, no valor de trinta e nove mil reais por ano, custos com manutenção, no valor de três mil e seiscentos reais por ano e os custos referentes ao consumo de energia, no valor de quinhentos e vinte e dois reais por ano. Outros pontos positivos para instalação do sistema vertical seriam a redução de 40% (com relação ao *layout* anterior representado na Figura 4) do tempo total de coleta/entrega dos materiais, passando para um tempo total de setenta e dois minutos, além da redução de 2% na distância total percorrida para coleta/entrega dos materiais, considerando que todos estes benefícios seriam alcançados mesmo com a inclusão de duas novas linhas de montagem.

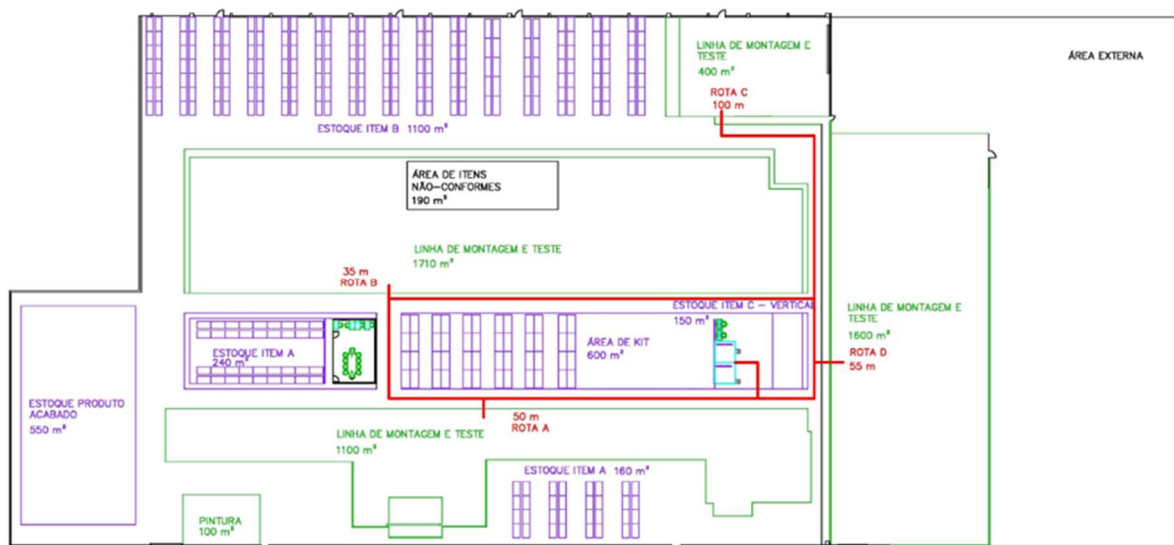


Figura 4 – Proposta do *layout* futuro com sistema de estoque vertical automatizado

4.2.4 Proposta do *layout* futuro

Com as duas opções, o time do projeto desenhou os dois possíveis *layouts* e também verificou as possíveis movimentações utilizando a ferramenta chamada diagrama de *spaghetti*, a qual verifica a distância e o tempo atual que uma pessoa ou equipamento percorre, considerando o *layout* anterior a mudança e qual seria o tempo e a distância considerando o *layout* futuro (KELLER, 2005). Através deste diagrama é possível propor uma melhor disposição da estação de trabalho ou do posicionamento do material utilizado neste processo (GEORGE, 2005).

Assim, o time mostrou que no estado anterior, a distância percorrida para abastecimento das linhas de montagem A e B era de aproximadamente duzentos e setenta metros por ciclo de abastecimento, em um tempo de cento e um minutos por ciclo. Neste processo eram utilizados dois empregados para atender as demandas das linhas de montagem. Na proposta de utilização do galpão, a distância total para abastecimento aumentou para trezentos e cinquenta e cinco metros em um tempo de cento e cinquenta e um minutos, porém foram incluídas na rota o abastecimento de duas novas linhas de montagem. Já com a proposta de utilização do sistema vertical automatizado, a distância total para abastecimento reduziu para duzentos e sessenta e cinco metros, com um tempo de abastecimento de setenta e dois minutos, também com a inclusão de duas novas linhas de montagem. Dessa forma, o time do projeto apresentou as Figuras 2, 3 e 4 para análise e auxílio na tomada de decisão, pelo *sponsor* do projeto e pela administração da empresa.

4.2.5 Análise econômica: sistema automatizado e galpão de vinil

Com relação a análise econômica, a empresa utiliza três métodos e objetivos para aprovar a viabilidade do projeto. Dentre esses métodos e objetivos tem-se o *payback* simples, que não deve ser maior que cinco anos, taxa mínima de atratividade, de no mínimo 5%, e valor presente líquido, que deve ser positivo. Com isso, algumas premissas de benefícios financeiros foram consideradas, pois eram apenas hipóteses já que não havia uma maneira física de medir todas as melhorias. Para a utilização do galpão foram analisados os custos operacionais compostos dos salários de dois empregados, no valor de setenta e oito mil reais por ano, custos de manutenção, no valor de dois mil e trezentos reais por ano, custos referentes ao consumo de energia, no valor de dez mil quatrocentos e cinquenta e quatro reais por ano e, por fim, o custo referente ao seguro do galpão, no valor de cinco mil e oitocentos reais por ano. Com relação a introdução do sistema automatizado, foi considerado o valor de aquisição do equipamento de seiscentos e quinze mil reais, mais os custos operacionais que são compostos do salário de um empregado, no valor de trinta e nove mil reais por ano, custos com manutenção, no valor de três mil e seiscentos reais por ano e os custos referentes ao consumo de energia, no valor de quinhentos e vinte e dois reais por ano. Para a análise financeira, foi considerado o valor referente a diferença entre os custos operacionais do galpão e do sistema vertical. Esse valor foi utilizado no cálculo do fluxo de caixa e, conseqüentemente, do VPL, da TIR e do *payback*. Assim, os valores financeiros foram apresentados para equipe, como dados para tomada de decisão (Quadros 1 e 2).

Custo de Operação			
Galpão de Vinil		Sistema Automatizado	
Item	Custo Anual	Item	Custo Anual
Numero de Funcionários (2)	R\$ 78,000.00	Numero de Funcionários (1)	R\$ 39,000.00
Aluguel do Galpão	R\$ 93,600.00	Manutenção	R\$ 3,600.00
Manutenção	R\$ 2,300.00	Consumo de Energia	R\$ 522.72
Consumo de Energia	R\$ 10,454.40	Incremento no valor do Seguro	Não Há
Incremento no valor do Seguro	R\$ 5,800.00		
Custo Total	R\$ 190,154.40	Custo Total	R\$ 43,122.72
Diferença entre os Custos		R\$ 190,154.40 - R\$43.122,72 =	
		R\$ 147,031.68	

Quadro 1 – Análise dos custos operacionais

Ano	0	1	2	3	4	5
Lucro Incremental Annual		R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68
Fluxo de Caixa Final	-R\$ 615.000,00	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68	R\$ 147.031,68
Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 615.000,00	-R\$ 467.968,32	-R\$ 320.936,64	-R\$ 173.904,96	-R\$ 26.873,28	R\$ 120.158,40
TMA	5%					
VPL	R\$ 21.570,23					
TIR	6,26%					
Payback Simples	Ano = 4	Mês = 2				

Quadro 2 – Análise financeira

4.3 Fase Analisar

Na fase analisar, foram apresentadas a todo o time, ao *sponsor* do projeto e também para a administração da empresa, todas as medições coletadas na fase anterior, para auxiliá-los na tomada de decisão referente a melhor opção (Quadro 3), dando início a fase melhorar. Para haver um alinhamento com toda a liderança, neste momento foi importante a apresentação das premissas consideradas na fase medir e também expor as simulações realizadas, demonstrando a origem de todos os dados apresentados.

Após a apresentação de todos os dados, foi decidido pela implementação do sistema vertical automatizado, devido as melhorias que este equipamento traria ao processo de manuseio de materiais, pois haveria uma redução de 2% na distância referente a entrega/coleta do material nas linhas de montagem (mesmo considerando o acréscimo de duas linhas de montagem na rota

de coleta/entrega), maior velocidade na entrega e coleta dos itens (o tempo total passaria para setenta e dois minutos, uma redução de 40%, mesmo com o acréscimo de duas linhas de montagem), redução no manuseio de materiais para o operador e, dessa forma, utilização de apenas uma mão de obra no processo, além do rápido retorno do investimento (*payback* de quatro anos, com valor presente líquido positivo e uma taxa interna de retorno de 6,26%). Dessa maneira, foi inserido o pedido de compra do equipamento junto ao fornecedor, iniciando o detalhamento da fase melhorar.

	<i>Distância Percorrida Para Abastecimento</i>	<i>Tempo Total Para Abastecimento</i>	<i>Área Ocupada pelo Estoque</i>	<i>Capacidade de Estoque</i>	<i>Custos Operacionais</i>	<i>Payback / VPL / TIR</i>
Método anterior as mudanças	270 m	108 min	380 m ²	5160 itens	Não Disponível	Não Aplicável
Introdução do Galpão	355 m	151 min	400 m ²	5160 itens	R\$ 190,154.40	Não Aplicável
Introdução do Sistema Vertical	265 m	72 min	150 m ²	12120 itens	R\$ 43,122.72	Payback = 4 anos / VPL = Positivo / TIR = 6,26%

Quadro 3 – Tabela de dados da fase medir

4.4 Fase Melhorar

Os passos importantes da fase melhorar foram a compra do equipamento, o planejamento de instalação do equipamento, a alteração dos procedimentos de trabalho, métodos e tempos para a execução da operação, treinamento dos operadores e também o planejamento de migração dos itens do estoque anterior para o novo sistema, sem que a produção das linhas de montagem fosse afetada. Para a organização dessas atividades, foi utilizado o sistema MS Project, onde foram definidas as datas, atividades e responsáveis (Figura 5).

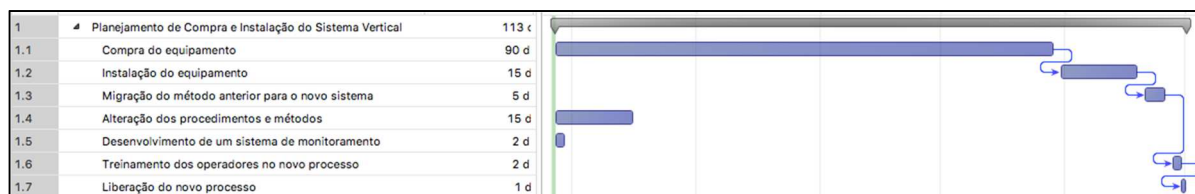


Figura 5 – Planejamento para implementação do projeto

4.5 Fase Controlar

Nesta última fase do projeto foram definidos os controles financeiros (análise dos resultados), assim como *check-lists* de auditoria para garantir a manutenção do novo processo, além de um plano de contingência, relativo a qualquer falha no novo sistema. A partir deste ponto, o líder do projeto realizou a entrega do projeto concluído ao *sponsor*, passando-lhe também a responsabilidade pelos controles elaborados nesta fase.

5. Conclusão

Este artigo objetivou-se a apresentar os benefícios da utilização de sistemas automatizados de estocagem de materiais, para itens de classe C, por meio de um estudo de caso em uma empresa de manufatura.

Por meio de um estudo de caso, avaliou-se a implementação de um sistema vertical automatizado de estocagem, e também a aplicação da metodologia seis sigma, especificamente o DMAIC, como ferramenta de apoio aos gerentes para tomada de decisão.

Assim, com este projeto foi possível identificar que a automação de processos logísticos é uma opção vantajosa no que se refere a estocagem de materiais, com melhoria da eficiência: redução

de 2% na distância total da rota para coleta/abastecimento e 40% no tempo total de ciclo, melhor controle de inventário, garantindo *payback* de 4.2 anos, VPL positivo e TIR de 6.26%.

As implicações deste projeto foi a possibilidade de aplicação da automatização nos processos de estocagem de materiais de classe C, mostrando os benefícios referentes a redução de tempo na seleção e distribuição deste material, aumentando a eficiência das operações da logística interna.

Como oportunidade para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da automatização em outras áreas da logística interna como na movimentação de produtos acabados, estoque de materiais classificados como A e B e em outros sistemas de manuseio de materiais.

Referências

- BALLOU, R.H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial*. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- BALLOU, R.H. *Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1992.
- BORNIA, A.C. *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- BOYSEN, N.; STEPHAN, K. *A survey on single crane scheduling in automated storage/retrieval systems*. European Journal of Operational Research 254, p.691-704, 2016.
- BRUNI, A.L. *Avaliação de investimentos*. São Paulo: Atlas, 2013.
- DE LONG, J.B.; SUMMERS, L.H. *Equipment investment and economic growth*. Quarterly Journal of Economics 106, p. 445-502, 1991.
- FRAZELLE, E.H. *Supply chain strategy*. McGraw-Hill, 2002.
- GEORGE, M.L.; MAXEY, J.; ROWLANDS, D.; PRICE, M. *The lean six sigma pocket toolbox: a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*. McGraw-Hill, 2005.
- GUPTA, D.; BUZACOTT, J.A. *A framework for understanding flexibility of manufacturing systems*. Journal of Manufacturing Systems, vol.8, issue 2, p.89-97, 1989.
- HORNGREN, C.T.; FOSTER, G.; DATAR, S.M. *Contabilidade de custos*. Rio de Janeiro, 1997.
- KARABEGOVIĆ, I.; KARABEGOVIĆ, E.; MAHMIĆ, M.; HUSAK, E. *The application of service robots for logistics in manufacturing processes*. Advances in Production Engineering & Management, vol.10, n.4, p.185-194, 2015.
- KELLER, P.A. *Activity network diagram - x-bar charts, six sigma demystified: a self-teaching guide*. McGraw-Hill, 2005.
- LAI, K. *Service capability and performance of logistics service providers*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol.40, issue 5, p.385-399, 2004.
- LITVAK, N.; VLASIOU, M. *A survey on performance analysis of warehouse carousel systems*. Statistica Neerlandica, vol.64, n.4, p.401-447, 2010.
- MCADAM, R., LAFFERTY, B. *A multilevel case study critique of Six Sigma: Statistical control or strategic change?* International Journal of Operations and Production Management 24, p.530-549, 2004.
- MIGUEL, P.A.C. *Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução*. São Paulo: Produção, v.17, no 1, p. 216 – 229, 2007.
- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.
- RAGO, S.F.T. *Log&Man Logística, movimentação e armazenagem de materiais*. Movimat, ano XXIII, n.143, p.10-11, 2002.
- SCHROEDER, R.H., LINDERMAN, K., LIEDTKE, C., CHOO, A.S. *Six Sigma: definition and underlying theory*. Journal of Operations Management 26, p.536-554, 2008.
- TORNSTROM, L.; AMPRAZIS, J.; CHRISTMANSSON, M.; EKLUND, J. *A corporate workplace model for ergonomic assessment and improvements*. Applied Ergonomics, vol.39, issue2, p.219-228, 2008.

VIANA, J.J. *Administração de Materiais: um enfoque prático*. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, C. *Criando a cultura lean seis sigma*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ZOLLINGER, H. *AS/RS application, benefits and justification in comparison to other storage methods: a white paper*. Automated storage and retrieval systems production section of the Material handling industry of America, 1999.