

**FACULDADE DOCTUM DE JOÃO MONLEVADE
INSTITUTO ENSINAR BRASIL – REDE DOCTUM DE ENSINO**

**ANÁLISE E MELHORIA DO ARRANJO FÍSICO NAS EMPRESAS DE MONTAGEM
E MANUTENÇÃO MECÂNICA**

Artur Silva Barbosa*
Daysemara Maria Cotta**

RESUMO

Um arranjo físico formulado eficazmente, melhora não somente a produção, como também aumenta a produtividade da organização e mantém a integridade física dos seus funcionários. Por outro, um layout ineficiente não prejudica apenas a produção, mas também a aparência do setor produtivo e até mesmo dificulta a sua supervisão. Diante disto, este artigo tem como objetivo apresentar uma nova configuração de arranjo físico posicional para uma empresa de montagens e manutenção mecânica localizada em João Monlevade. Para isso, foi feita uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de abranger os conhecimentos sobre o tema Arranjo Físico. Em seguida, realizou-se análises e cálculos para descobrir e apontar as possibilidades existentes de melhoria na localização do escritório e canteiro de obra. Por fim, realizou-se uma análise do fluxo de funcionários que se deslocam da frente de serviço até o canteiro de obras, no início, durante e no fim das atividades, e um novo arranjo físico foi proposto. O resultado foi devidamente satisfatório, devido um layout bem elaborado foi reduzido o gasto com transporte em 55%, retirou o atraso de 15 dias na entrega do produto final e também evitou o desgaste físico desnecessário dos funcionários, oferecendo mais conforto e segurança para os mesmos.

Palavras-chave: Arranjo físico. Produtividade. Integridade física.

* Bacharelado em Engenharia de Produção da Faculdade Doctum de Monlevade; e-mail: artur.barbosajr@hotmail.com

** Mestre em engenharia de produção. Professora orientadora: Daysemara Maria Cotta; e-mail: dayse_cotta@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O mercado tem se mostrado cada vez mais competitivo, isso é decorrente de clientes mais exigentes no que se refere, principalmente, a rapidez de resposta e qualidade dos produtos. O que reflete nos sistemas produtivos, que para acompanhar as mudanças provenientes de um ambiente cada vez mais propenso a inovação, faz com que as empresas busquem alternativas com o objetivo de alcançar eficiência de seus processos produtivos dentro deste novo cenário, afim de adequar as formas de fabricação e comunicação, com o mercado atual.

Assim sendo, um dos fatores que influenciam na melhoria dos processos e aumento da produtividade é a disposição adequada dos recursos transformadores em um ambiente. O arranjo físico refere-se ao posicionamento de máquinas, equipamentos e pessoal em um ambiente de produção, sendo esse um elemento determinante para que uma organização consiga realizar suas operações com o mínimo de desperdício e total eficiência das operações realizadas. A sua otimização pode proporcionar o aumento da produtividade e um ambiente adequado para os funcionários realizarem suas tarefas, o que resultará em satisfação dos mesmos, redução de custos e cumprimento de metas.

O arranjo físico de uma empresa, ou layout, não é somente a disposição dos seus equipamentos e ferramentas, é uma das características relevante e evidente no ambiente organizacional que pode influenciar de maneira positiva ou negativa o modo como os recursos são transformados, no tempo de execução de cada operação, refletindo nos lucros e produtividade das organizações.

Diante disso, observa-se que o arranjo físico é uma ferramenta de melhoria que influencia o desempenho da organização, interferindo diretamente nas atividades de produção. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo apresentar uma nova configuração de arranjo físico posicional para uma empresa prestadora de serviços de montagens e manutenção mecânica localizada na cidade de João Monlevade/MG. O estudo contribui para um melhor desempenho dos funcionários na frente de serviço, sem perda de tempo com movimentações desnecessárias e melhor localização do escritório externo, obtendo um menor custo de transporte com o deslocamento dos integrantes administrativos até os fornecedores.

A metodologia utilizada será de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e qualitativa, e de objetivo exploratório. Foram coletados dados do

transporte para deslocamento dos funcionários administrativos e observado a distância percorrida pelos funcionários diariamente do canteiro de obras até a frente de serviço, onde eram executadas as atividades. Em seguida foram realizados cálculos utilizando o método de centro de gravidade para definição do melhor posicionamento do escritório externo e do canteiro de obras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, serão apresentadas as teorias que fundamentarão o trabalho.

2.1 Arranjo físico

O arranjo físico de uma operação produtiva está relacionado com o posicionamento dos recursos transformadores. De acordo com Slack (2009), “o arranjo físico de uma operação ou processo é como os recursos transformadores são posicionados uns em relação aos outros e como as várias tarefas serão alocadas a esses recursos transformadores”.

O modo como a estrutura do ambiente organizacional está disposto pode proporcionar consequências benéficas, entretanto, se materiais, produtos, equipamentos e pessoas estão alocados de forma não adequada, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes ou produtos formados ao longo da operação, tempos de processamento longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos. É nessa perspectiva que se observa a importância de avaliar e escolher a forma mais adequada do layout para garantir agilidade nos processos, reduzir ou eliminar futuros problemas ou desperdícios.

Para desenvolver o projeto de um layout são necessárias informações sobre quantidade de produtos que serão produzidos ou alocados, características dos produtos ou serviços, sequência das operações, espaço necessário para cada equipamento e para a movimentação do funcionário, dentre outros dados que se tornam importantes para construir um ambiente apropriado à produção de um bem ou serviço.

Segundo Camarotto (2006, p. 15), “o transporte nada acrescenta ao produto. Desse modo, as distâncias devem ser reduzidas ao mínimo para evitar esforços inúteis e custos maiores”.

De acordo com Slack (2009), o arranjo físico é classificado em quatro tipos:

- a) Arranjo Físico Posicional: os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, ou seja, em vez de materiais, informações e clientes fluírem pela operação, que sofre o processo, fica paralisado e quem se move são as pessoas, equipamentos e maquinários;
- b) Arranjo Físico Funcional: no arranjo físico funcional os processos similares são alocados próximos uns dos outros visando à minimização das distâncias percorridas pelos recursos transformadores ao longo da operação;
- c) Arranjo Físico Celular: esse tipo de arranjo é aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se até uma parte específica da operação onde todos os recursos transformadores necessários para atender suas necessidades imediatas de processamento se encontram no local;
- d) Arranjo Físico Por Produto: nesse caso os recursos transformadores estão localizados em sequência, especificamente por conveniência dos produtos ou tipos do produto.

2.1.1 Arranjo físico posicional

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), no arranjo físico posicional os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, ou seja, quem sofre o processamento fica estacionário enquanto pessoas e equipamentos se movem a cada etapa.

Segundo Reinert (2001), neste caso fica mais fácil transportar equipamentos, homens e componentes até o material imobilizado. Algumas características deste tipo de arranjo físico: o processo produtivo geralmente não é repetitivo, para um produto único, em quantidade pequena ou até unitária e minimiza a quantidade necessária de movimento de produto (GAITER; IRAZIER, 2001).

As vantagens do arranjo físico posicional é obter maiores níveis de flexibilidade de mix de produto, alta variedade de tarefas para a mão de obra, redução do inventário em processo e quando se tratar de um projeto de montagem

ou construção. Logo as desvantagens são altos custos unitários, complexidade na programação de espaço ou atividades, baixa produtividade, estações de trabalho mais lentas, necessita de altos investimentos em equipamentos e é sensível a variações do projeto inicial (JUNIOR *et al*, 2008).

2.2 Método do centro de gravidade

Uma das técnicas mais consagradas para o estudo de localização de uma planta única, terminal, armazém ou prestador de serviço é o método do centro de gravidade (DAVIS *et al*, 2009). Este conceito é baseado no fato de que todas as localizações possíveis têm um valor que é a soma de todos os custos de transporte de e para aquela localização. A melhor localização, a que minimiza custos, é representada pelo que, em uma analogia física, seria o centro de gravidade ponderado de todos os pontos de e para onde as mercadorias são transportadas.

No modelo do centro de gravidade, procura-se estimar o local de menor custo de transporte para a instalação da empresa, observando o fornecimento de matérias-primas e os mercados consumidores. Nesse método procura-se minimizar a soma do volume em um ponto multiplicado pela taxa do transporte para enviar ao ponto multiplicado pela distância ao ponto que é o custo total do transporte, considerando mais de um local em que a mercadoria será transportada. “A localização da instalação é determinada pelas coordenadas x e y conforme as expressões a seguir” (MARTINS; LAUGENI, 2015).

$$X = \frac{\sum Vi . Ci . Xi}{\sum Vi . Ci}$$

$$Y = \frac{\sum Vi . Ci . Yi}{\sum Vi . Ci}$$

Onde:

V_i : volume transportada para o local i ;

C_i : custo por unidade de volume transportado para o local i ;

x_i : coordenada na direção x do local i ;

y_i : coordenada na direção y do local i .

Pamplona *et al* (2014) demonstraram a viabilidade da utilização da técnica do centro de gravidade para a consolidação de instalações de manutenção aeronáutica, em que o método se mostrou adequado com a diminuição de custos para a organização.

Guazzelli e Cunha (2014) também utilizaram a programação inteira mista para desenvolver um modelo matemático que considera importantes aspectos práticos nos problemas de planejamento de rede logística, possibilitando a definição de locais de centros de distribuição e dos fluxos de transporte da operação.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A empresa estudada surgiu em 1870 na cidade de Luxemburgo na Alemanha onde se deu início como uma micro empresa de caldeiraria fabricando peças de ferro e aço para indústrias.

Durante a sua longa caminhada, a empresa teve várias junções de sócios. Em 1909, quando tinha um efetivo de 275 operários e 24 empregados administrativos, firmou uma associação com um empresário que foi o pilar para conseguir expandir sua marca e atingir o mercado chinês. Ao decorrer do tempo aprimoraram e decidiram manter o foco na construção de auto forno, e com vários anos de experiência no mercado avançaram ainda mais integrando serviços especializados de montagem e manutenção eletromecânica. A empresa teve tanto sucesso que em 1977 criaram uma sede no Brasil e outra no Canadá, respectivamente, e posteriormente nos Estados Unidos, Bélgica entre outros, totalizando hoje 19 países.

Em 2014 integraram os serviços de montagem e manutenção, e através de estudos aderiram uma divisão e criaram um grupo de empresas: Services, Manutenção e Montagem. Hoje é uma das líderes mundiais em projetos e fornecimento de soluções tecnológicas completas para plantas industriais. Conta com uma vasta experiência, vantagens estratégicas no mercado, uma network internacional nas empresas do grupo e realizam diversos serviços: manutenção, reparos, reformas, análise de falhas, montagens eletromecânicas, manutenções preventivas em instalações e equipamentos durante paradas programadas, gerenciamento e supervisão de serviços, obras, e logística.

4 METODOLOGIA

Diante das informações levantadas, iniciou-se uma pesquisa com finalidade de encontrar técnicas para demonstrar as possíveis melhorias do layout da empresa, a fim de analisar e apresentar a melhor solução possível para atingir os objetivos da pesquisa e da organização.

Em relação à natureza essa pesquisa é classificada como aplicada, onde foram realizados cálculos por meio de métodos de arranjo físico, utilizando dados referentes a uma obra já finalizada, com o foco na redução dos desgastes físicos dos funcionários e gastos que poderiam serem evitados, gerando uma maior lucratividade final. A pesquisa de natureza aplicada busca gerar conhecimento para a aplicação prática e dirigida a solução de problemas que contenham objetivos anteriormente definidos (PRODANOV, 2013).

A abordagem é classificada como qualitativa e quantitativa, com intuito de melhoria de localização, layout e canteiro de obras, obtendo benefícios financeiros e ergonômicos, preservando a saúde dos funcionários e reduzindo atraso na entrega do produto final. Gil (1991) considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Prodanov e Freitas (2013, p. 69) dizem “pesquisa quantitativa considera tudo que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las”.

O método adotado para a análise é a pesquisa exploratória, pois foram recolhidos dados de dentro da obra através de observação, reuniões com os líderes e questionamentos aos funcionários que fazem parte da mão de obra direta. Segundo Gil (1999), “pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista, a formulação de problemas mais precisos.”

Já a técnica de pesquisa escolhida foi bibliográfica, com o objetivo de conferir hipóteses, delineamento de um problema, análise de um fato, avaliação de programa e isolamento de variáveis principais (MARCONI; LAKATOS, 1996).

Foram extraídos dados através de observação direta e interpretação do processo produtivo, com o objetivo de melhorar o arranjo físico da organização, visando poupar a integridade física dos funcionários, reduzir gastos com transporte,

eliminar o atraso na entrega do produto final ao cliente e posteriormente aumento da lucratividade. O público alvo avaliado consiste em toda a mão de obra disponibilizada para a obra, foram feitas reuniões com a equipe de gestão da empresa e houve questionamentos aos demais funcionários.

A pesquisa buscou encontrar melhor localização para o escritório externo visando a redução do deslocamento dos funcionários até os fornecedores, e posteriormente reduzindo gastos com transportes. Posteriormente a pesquisa buscou uma melhor localidade para o canteiro de obras, reduzindo o percurso feito pelos funcionários até o local exato onde eram feitas as atividades, poupando a integridade física dos colaboradores e eliminando o atraso ocorrido na entrega do produto final ao cliente.

As informações foram levantadas a partir de observações diretas e registros dos funcionários da organização (entrevista) e documentos. Após a coleta dos dados, os mesmos foram analisados e calculados, dando soluções para a melhor localização do escritório externo e do canteiro de obras.

5 PESQUISA E ANÁLISE DE DADOS

A seguir, serão apresentadas as análises efetuadas para a tomada de decisão pelo método utilizado, e os resultados positivos obtidos após a aplicação do método.

5.1 Análise do arranjo físico da instituição

As pesquisas e análises foram feitas em campo, onde primeiramente foram coletados dados através de uma reunião com líderes da empresa, atuantes nas decisões iniciais para definição de instalação do escritório externo da empresa e também do canteiro de obras da mesma.

De acordo com o gestor de contratos e o analista de planejamento, existiam 3 possibilidades para instalação do escritório externo que foram identificados como localização 1, 2 e 3.

O critério de tomada de decisão para localização do escritório era o que atribuía menor custo com aluguel mensal. Mas no decorrer das observações, foi percebido que os funcionários administrativos da empresa tinham 3 destinos diários para cumprir algumas atividades propostas a elas, que foram pontuados como A, B

e C. Ao decorrer das análises foram mensuradas as distâncias do ponto 2, onde estava localizada o escritório externo até os pontos A, B e C, conforme demonstrados na tabela 1.

A identificação dos gastos com transportes obtidos durante a obra, foram realizados fazendo o levantamento através de planilhas que constam os compromissos dos integrantes administrativos da organização e também com as anotações diárias do motorista que sempre descreve o destino, horário e quilometragem do veículo na saída e no retorno ao escritório. O tempo perdido pelos funcionários da empresa durante o percurso do canteiro de obras até onde o serviço estava sendo efetuado, foram observados durante a obra e coletados através de um questionário elaborado e respondido por todos os funcionários envolvidos na atividade. As viagens efetuadas pelo integrantes administrativos e o tempo perdido no percurso feito pelos funcionários para dar início as atividades foram levantadas de maio a dezembro de 2018 e estão dispostos no Tabela 1.

Tabela 1 – Distância entre os pontos de deslocamento dos funcionários dada em quilômetros.

	2-A	2-B	2-C
DISTÂNCIA (KM)	8	1	3
IDA E VOLTA (KM)	16	2	6

Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

Posteriormente analisamos a quantidade de viagens realizadas para cada um dos pontos, que mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Viagens efetuadas por funcionários administrativos da empresa.

MÊS	VIAGENS (UND)			TOTAL
	2-A	2-B	2-C	
MAIO	196	84	41	321
JUNHO	147	62	31	240
JULHO	129	55	28	212
AGOSTO	124	53	26	203
SETEMBRO	123	52	26	201
OUTUBRO	121	51	26	198
NOVEMBRO	138	59	30	227
DEZEMBRO	182	77	39	298
TOTAL	1.160	493	247	1.900

Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

No decorrer das análises foi notado um segundo problema na instituição também relacionado com o arranjo físico. Foi constatado que ao chegar no trabalho, cada funcionário gastava 30 minutos para se organizar, pegar as ferramentas e EPI's no almoxarifado e se deslocar até o local onde estava efetuando as atividades. Durante a jornada de trabalho, os funcionários se deslocavam até o canteiro de obras para buscarem água, utilizarem o banheiro e buscarem outras ferramentas, neste caso perdendo 40 minutos para se deslocar até o canteiro e retornar às atividades. Devido à grande distância da frente de serviço ao canteiro de obras, a supervisão nesse trajeto era impossível e por isso os colaboradores eram morosos ao executar tais deslocamentos antes de retornar ao trabalho. Ao finalizar as atividades, os colaboradores também perdiam meia hora pelos mesmos motivos já citados, visto que necessitavam de devolver as ferramentas no almoxarifado. Devido à isto, os funcionários paravam as atividades 30 minutos antes para que chegasse no canteiro em tempo hábil para ir embora. Totalizando então, 1 hora e 40 minutos perdidos todos os dias de cada funcionário, pois ao ter sido questionados, cada funcionário informou a quantidade de vezes que faziam esse trajeto durante as atividades e fazendo a média da resposta de cada um, chegamos à conclusão que cada funcionário fazia esse percurso 1 vez ao dia.

Sendo assim, após as análises dos dados demonstrados, foi decidido e executado o método de centro de gravidade para calcular a melhor posição para o escritório de acordo com as demandas dos funcionários administrativos, visando a redução de gastos com combustível para esses deslocamentos e também reduzindo o tempo gasto durante o trajeto.

5.2 Execução dos cálculos do método de centro de gravidade

Para calcular a melhor localização com o método de centro de gravidade, é necessário utilizar a fórmula (1), após levantar os dados descritos na tabela 3.

$$L = \frac{\textit{Quantidade} + \textit{custo de transporte} + \textit{distância}}{\textit{Quantidade} + \textit{custo de transporte}}$$

Tabela 3 – Dados coletados na empresa para resolução do cálculo.

LOCAL	VIAGENS 9(UND)	CUSTO (R\$)	HORIZONTAL (KM)	VERTICAL (KM)
A	1.160	0,50	5	3
B	493	0,50	1	1
C	247	0,50	2	1

Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

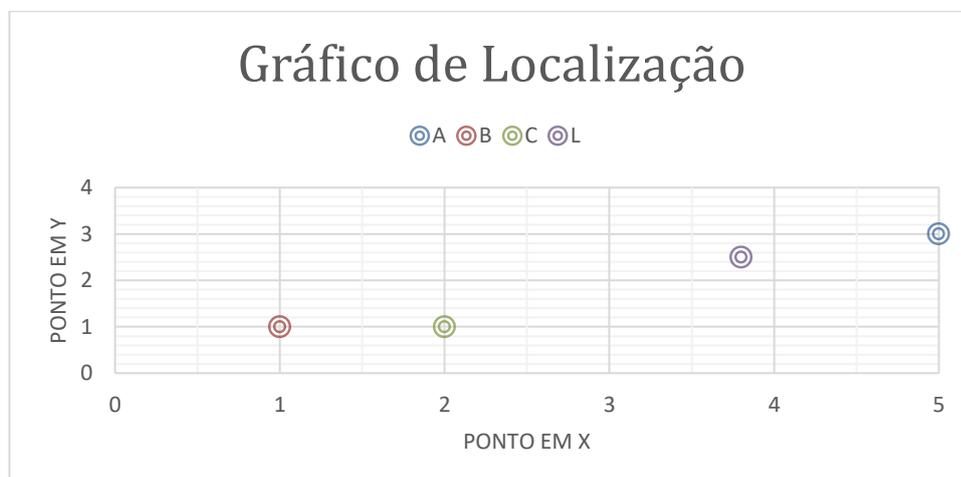
Através da Fórmula 1 e dos dados mostrados na Tabela 2, foi calculado a melhor localização para o escritório externo da empresa. Utilizando a mesma fórmula para achar os resultados de localização horizontal (L_h) e localização vertical (L_v), obteve-se o seguinte resultado:

$$L_h = \frac{(1160 \times 0,50 \times 5) + (493 \times 0,50 \times 1) + (247 \times 0,50 \times 2)}{(1160 \times 0,50) + (493 \times 0,50) + (247 \times 0,50)} = 3,80$$

$$L_v = \frac{(1160 \times 0,50 \times 3) + (493 \times 0,50 \times 1) + (247 \times 0,50 \times 1)}{(1160 \times 0,50) + (493 \times 0,50) + (247 \times 0,50)} = 2,50$$

De acordo com os dados coletados e exibidos na tabela 2, os pontos x e y das localizações A, B e C são respectivamente, (5,3); (1,1) e (2,1). O ponto L calculado, é o ponto ideal para a instalação do escritório externo com as coordenadas L = (3,80;2,50), resultando assim, que o ponto para instalação ideal é o mais próximo ao ponto A, que os funcionários se deslocam mais vezes ao dia e o ponto com maior percurso entre os deslocamentos efetuados, conforme o gráfico 1:

Gráfico 1 – Melhor localização de instalação através do método centro de gravidade.



Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

Após calcular e definir que o melhor ponto para instalação do escritório é a localização 1, foi calculado também os gastos obtidos com o consumo de combustível do veículo administrativo, que consome 1 litro gasolina a cada 9 quilômetros rodados. Devido a essa mudança do local de instalação do escritório externo, a empresa foi beneficiada em 55% de economia em quilômetros percorridos, números de viagens, consumo de combustível e gasto com o combustível. Tais resultados estão demonstrados nas Tabelas 4 e 5, demonstrando o gastos antes da aplicação do método e demonstrando as grandes diferenças após a alteração da localidade do escritório externo, respectivamente. Essa redução de gastos pode ser ainda mais lucrativa para empresa por se tratar de uma multinacional que trabalha em 18 países, sendo que somente no Brasil estava prestando serviço em 27 localidades no mesmo período de tempo.

Tabela 4 – Resultados adquiridos antes do método ser implantado.

ANTES				
MÊS	VIAGENS (UND)	DISTÂNCIA (KM)	COMBUSTÍVEL (L)	VALOR (R\$)
MAIO	321	3550	394,44	1.771,06
JUNHO	240	2662	295,78	1.328,04
JULHO	212	2342	260,22	1.168,40
AGOSTO	203	2246	249,56	1.120,50
SETEMBRO	201	2228	247,56	1.111,52
OUTUBRO	198	2194	243,78	1.094,56
NOVEMBRO	227	2506	278,44	1.250,22
DEZEMBRO	298	3300	366,67	1.646,33
TOTAL	1.900	21.028	2.336,44	10.490,64

Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

Tabela 5 – Resultados adquiridos após o método ser implantado.

DEPOIS				
MÊS	VIAGENS (UND)	DISTÂNCIA (KM)	COMBUSTIVEL (L)	VALOR (R\$)
MAIO	321	1558	173,11	777,27
JUNHO	240	1178	130,89	587,69
JULHO	212	1064	118,22	530,82
AGOSTO	203	988	109,78	492,90
SETEMBRO	201	988	109,78	492,90
OUTUBRO	198	988	109,78	492,90
NOVEMBRO	227	1140	126,67	568,73
DEZEMBRO	298	1482	164,67	739,35
TOTAL	1.900	9.386	1.042,89	4.682,57

Fonte: Pesquisa Aplicada (2019)

Foi obtido esse resultado após as análises e pesquisas resultarem que 61% das viagens eram feitas do ponto 2 para o ponto A, 26% do ponto 2 para o ponto B e 13% do ponto 2 ao C. Considerando o valor do combustível à R\$ 4,49, preço do período que as atividades foram executadas e sem esquecer que cada viagem efetuada a quilometragem foram multiplicadas por 2, devido a volta dos locais citados ao escritório da empresa.

A resolução do segundo problema é mais lógica, devido ao canteiro estar instalado a uma distância de 160 metros de onde a mão de obra direta está sendo executada. Devido a isso, os funcionários tinham que carregar equipamentos durante todo esse percurso gerando um desgaste físico desnecessário antes mesmo do início das atividades diárias, gerando também uma perda de tempo significativa durante esse deslocamento de trinta minutos antes de iniciar as atividades e mais 30 minutos após finalizar as atividades. No decorrer do tempo, foi observado que os funcionários faziam o mesmo deslocamento durante o período que estava ocorrendo as atividades para utilizar o banheiro, buscar água ou buscar alguma ferramenta que não é utilizada diariamente. Devido esse deslocamento durante o dia, os funcionários gastavam em média quarenta minutos para fazer o percurso, por estarem distantes do local da atividades, eles não eram supervisionados durante esse deslocamento e gastavam ainda mais tempo conversando com outros funcionários e fazendo hora para voltar às atividades.

Avistou-se uma melhor localização para o canteiro que ficaria localizado a 15 metros do local que estavam sendo efetuadas as atividades. Logo já reduzimos de

40 para 10 minutos que eram perdidos para os colaboradores se deslocarem para o canteiro para buscarem água, ferramenta ou utilizar o banheiro durante o dia para 5 minutos. E também reduzindo o tempo gasto no início e final das atividades de 30 minutos para 10 minutos. Com isso, podemos afirmar que teve um ganho de 1 hora e 10 minutos em atividade de cada funcionário que pertence a mão de obra direta. Sendo assim, foi feito uma análise e cálculo para demonstrar que essa horas perdidas podem ter sido um dos fatores para os 15 dias de atraso para a entrega do produto final ao cliente.

Para efetuar o serviço, foi planejado que haveria a necessidade de 155 dias uteis trabalhados, ou seja, sem contar com sábados, domingos e feriados. No decorrer da obra, houve a necessidade de ampliar para 170 dias trabalhados, ou seja, obtiveram um atraso de 15 dias para entregar o produto final o cliente. Diante disso, foi feito análises e um simples cálculo que demonstram que esse atraso poderia ter sido evitado caso tivessem dado mais importância para o layout no momento decisivo de escolha da localidade do canteiro de obras. Além dessas informações, ao coletar os dados, foi diagnosticado que haviam 65 colaboradores envolvidos na mão de obra direta, sendo que cada um deles trabalham 8,8 horas por dia.

Para efetuar o cálculo, foram coletados as seguintes informações que compõe a Fórmula 2:

$$D_p = \frac{\text{Dias trabalhados} \times \text{Horas perdidas por dia}}{\text{Horas trabalhadas por dia}} = \frac{170 \times 1,1}{8,8} = 21,25 \text{ dias}$$

O resultado é dado em dias perdidos devido à perda de tempo ocasionado devido aos longos deslocamentos feitos pelos funcionários. Então, a obra foi finalizada com 170 dias trabalhados, com perda de 1,10 por cada funcionário todos os dias, com a jornada de trabalho de 8,8 horas por dia, totalizando 44 horas semanais que são determinadas por lei. Logo a resolução do cálculo mostra que foram perdidos 21 dias, somando todo o tempo perdido durante os 170 dias trabalhos, ou seja, o layout pode diretamente interferir na produção de toda e qualquer empresa, e sendo bem feito e estruturado pode aumentar o lucro da mesma e também gerar confiabilidade dos clientes. E por último e não menos importante, manter a integridade física dos funcionários, evitando os desgastes sem necessidade e oferecendo mais segurança a todos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao objetivo geral deste trabalho pode-se afirmar que o mesmo foi alcançado, visto que foi proposto um novo arranjo físico, considerando as especificidades da empresa estudada. Para atingir o objetivo geral, foram executados objetivos específicos, sendo eles, observar a estruturação física atual da organização, elaborar o projeto detalhado de arranjo físico, mensurar os ganhos referentes à aplicação do projeto, utilizando o método de centro de gravidade, capaz de impactar positivamente na redução de gastos da empresa.

Em relação ao objetivo de observar a estruturação física atual da organização, foi feito o levantamento junto aos funcionários que fazem a gestão da empresa, relacionando os motivos de tomada de decisão para estruturar o layout atual.

Para avaliar qual o método a ser aplicado, foi realizada uma revisão bibliográfica de todos os princípios e métodos existentes na literatura. Posteriormente, conhecendo a realidade da empresa e seus aspectos estruturais, foi concluído que o método a ser aplicado era o método de centro de gravidade, uma das técnicas mais consagradas para o estudo de localização de uma planta única, terminal, armazém ou prestador de serviço. Tal método foi escolhido, pois, de acordo com a literatura estudada, o mesmo possui metodologias que facilitam sua aplicação.

E por fim, foram propostas algumas sugestões considerando os resultados obtidos pela análise dos gastos com transporte e do tempo perdido nas atividades interferindo diretamente ao prazo de entrega do produto final ao cliente. A primeira delas, foi realocar o escritório externo que apresentaram uma redução de 55% do que foi gasto com combustível devido ao número de viagens efetuadas pelos integrante administrativos da empresa. Outra proposta foi a realocação do canteiro de obras que se encontrava a 160 metros de distância do local onde as atividades estavam sendo executadas, diminuindo a distância para 10 metros, poupando a integridade física dos funcionários que carregavam seus equipamentos no início e no fim das atividades todos os dias.

Através de cálculos, foi demonstrado que havia atraso na entrega do produto final. Com a proposta de realocação, houve uma redução de 21 dias no tempo global da obra, gerando mais confiabilidade para cliente.

Concluídos os objetivos, foi possível conhecer os gastos da obra com transportes dos funcionários administrativos. A proposta de realocação do escritório e canteiro são algumas decisões estratégicas, que só foram possíveis através da implementação do método de centro de gravidade. Além disso, poupando a integridade física dos funcionários, e oferecendo a eles uma certa comodidade e maior segurança, a empresa irá ganhar confiabilidade não só do seu cliente mas também dos próprios colaboradores. Essas são estratégias aplicadas para redução de gastos e por fim, se desenvolver ainda mais e vencer as concorrências no mercado altamente competitivo.

Algo importante a se considerar na implementação do método é que para o mesmo seja efetivo, as informações coletadas devem ser consistentes, pois são elas que irá intervir no resultado demonstrando o melhor a se fazer naquela situação. Por isso, é muito importante que sejam estudadas e vencidas todas as opções de instalação para o escritório externo e canteiro de obras, e os funcionários entendam a utilidade e sejam orientados para inserção de dados corretamente.

A escolha do método a ser aplicado depende muito do objetivo que se pretende atingir e da realidade da obra supracitada. Conforme for uma obra diferente, em termos de estrutura, lembrando que cada caso é um caso, o método pode ser modificado, visando atender os novos objetivos.

Para a empresa em questão o trabalho foi de grande importância, visto que foi determinado um método a ser aplicado e devido à sua aplicação, foi possível detectar problemas em relação a localização dos recursos disponibilizados pela mesma. Através da metodologia de arranjo físico pôde-se propor soluções para realocar os recursos, visando reduzir gastos, poupar integridade física dos funcionários, evitar tempo perdido com deslocamento para que não haja atraso também na entrega do produto final ao cliente.

Para o autor deste trabalho, a importância do mesmo se baseia na aplicação prática das teorias aprendidas, desenvolvendo-se tecnicamente e profissionalmente, agregando valor à comunidade.

Para a Universidade, este trabalho contribui disponibilizando informações relacionadas à experiência de aplicação prática do método de centro de gravidade baseado em atividades em uma empresa multinacional, que pode auxiliar os alunos da mesma em futuros projetos.

Por fim, fica como proposta para futuros estudos, a aplicação do método para outras empresas, visando conhecer e solucionar os problemas do arranjo físico das mesmas, agregando valor e estreitamento das relações entre a universidade e a comunidade na qual a mesma está inserida.

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF PHYSICAL ARRANGEMENT AND FLOW IN ASSEMBLY AND MECHANICAL MAINTENANCE COMPANIES

SUMMARY

An efficiently formulated physical arrangement not only improves production flow, but also increases the productivity of the organization. On the other hand, an inefficient layout not only impairs production but also the appearance of the productive sector and even hinders its supervision. Given this, this article aims to present a new configuration of positional physical arrangement for a assembly and mechanical maintenance company located in João Monlevade. For this, a bibliographic research was done with the objective of covering the knowledge about the Physical Arrangement theme. Then, meetings and calculations were held to discover and point out the existing possibilities and the best option for the location of the external office. Finally, an analysis was made of the flow of employees moving from the front of the service to the construction site that is poorly located, at the beginning, during and at the end of the activities, a new physical arrangement was proposed. The result was considered satisfactory, allowing the current transportation costs to be 55%, excluding the delay of 15 days delivery of the final product and also eliminating unnecessary physical wear and tear, offering more comfort and safety to them.

Keywords: Physical arrangement. Layout Positional.

REFERÊNCIAS

- CAMAROTTO, João Alberto. **Projeto de Unidades Produtivas**. Apostila. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2006.
- CORREA, Henrique L; GIANESI, Irineu G N; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: Mrp II/Erp**. 3. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2000. 411 p.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2002. 175 p.
- GUAZZELLI, C. S.; DA CUNHA, C. B. Modelagem matemática para o problema de localização de centros de distribuição de empresa de alimentos. **Transportes**, v. 22, n. 3, p. 86-102, 2014.
- JÚNIOR, F.L.B.; TOLEDO, R.H.C.; ARAÚJO, A.D.; VIEIRA, J.G.V. **Estudo do arranjo físico de uma panificadora**. ENEGEP, 2008.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.
- PAMPLONA, D. A.; DE CASTRO FORTES, J. L.; ALVES, C. J. P. Consolidação de instalações de manutenção aeronáutica pela utilização do Método do Centro de Gravidade. **Scientia Plena**, v. 10, n. 9, 2014.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico**: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Nova Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. 276 p.

REINERT, Adriano Francisco. **Layout de Fábrica com base no Supply Chain**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de pós-graduação, lato sensu, em engenharia de produção da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas. Joinville- Santa Catarina-Brasil- Outubro de 2001.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas S.a, 1997. 726 p.