



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Graduação em Engenharia de Mecânica

Monografia

Projeto de *Leiaute*: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Metal Mecânica

Maurício Ferrer de Moraes Neto

**RECIFE
2015**



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Graduação em Engenharia de Mecânica

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, pelo aluno, Maurício Ferrer de Moraes Neto, sob a orientação da Prof. D. Sc. Maurílio José dos Santos, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

RECIFE
2015

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Por este Termo, eu, abaixo assinado, assumo a inteira responsabilidade de autoria do conteúdo deste Trabalho de Conclusão de Curso, estando ciente das sanções legais previstas referentes ao plágio (art. 3 da Lei 9.610/98 e art. 184 do Código Penal Brasileiro). Portanto, ficam a instituição e o orientador isentos de qualquer ação negligente da minha parte, pela veracidade e originalidade desta obra.

Recife, Fevereiro de 2015.

Maurício Ferrer de Morais Neto

FOLHA DE APROVAÇÃO

Projeto de *Leiaute*: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Metal Mecânica.

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, pelo aluno, Maurício Ferrer de Moraes Neto sob a orientação da Prof. D. Sc. Maurílio José dos Santos, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Data da aprovação: / /

Banca Examinadora:

Orientador
(Maurílio José dos Santos, D. Sc. UFPE)

Examinador
(Ricardo Artur *Sanguinetti*, D. Sc. UFPE)

Examinador
(Maurílio José dos Santos, D. Sc. UFPE)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, assim como toda a minha vida. Dedico também à minha amada esposa, Alcione Caroline G. B. Ferrer, e aos meus familiares, pessoas que estão sempre ao meu lado fazendo a minha vida mais feliz a cada dia.

*“E tudo o que fizerdes, seja em palavra, seja em ação, fazei-o em nome do Senhor Jesus,
dando por Ele graças a Deus Pai”.*

Apóstolo Paulo

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso busca apresentar o desenvolvimento de um arranjo físico para uma planta industrial de uma empresa metalúrgica, buscando a otimização do fluxo de materiais e um aumento de capacidade produtiva. Para tanto, esta monografia se valeu da aplicação das técnicas de arranjo físico, principalmente o sistema SLP (System Atic *Leiaute* Planning). Este trabalho é um estudo de caso de caráter exploratório da trajetória do alinhamento que o aluno buscou na concepção do *leiaute* da atual planta industrial. Pois, conforme verificado durante o estágio do autor, o crescimento da empresa em questão resultou em alguns casos de posicionamento inadequado dos setores produtivos, que dificultam o fluxo de material eficiente. Aproveitando-se dos novos contratos que a empresa tem fechado, desenvolveu-se este projeto de *leiaute* para que a mesma esteja preparada para atuar com eficiência e produtividade. Para isso, foram realizadas pesquisas em profundidade sobre assuntos de arranjo físico, reunindo documentos internos da empresa para auxiliar no projeto. Por último, é descrito as etapas do estudo realizado pelo aluno na sua concepção de um novo *leiaute*, resultando na melhoria do fluxo de materiais e num aumento da capacidade produtiva total da fábrica, com eliminação de inúmeros problemas de fluxo e de gargalos.

Palavras-chave: Arranjo físico, empresa metalúrgica, fluxo de materiais, capacidade produtiva, SLP, estudo de caso.

ABSTRACT

This course conclusion work aims to present the development of a physical arrangement for an industrial plant of a metallurgical company, seeking to optimize the flow of materials and an increase in production capacity. Therefore, this monograph is worth applying the physical arrangement techniques, especially the SLP system (System Atic Leiaute Planning). This paper is an exploratory case study of the alignment path that the student sought in the design of the current industrial plant leiaute. For, as seen during the author's stage, the company's growth in question resulted in some cases of improper positioning of the productive sectors, which hinder the efficient material flow. Taking advantage of new contracts that the company has closed, this leiaute design was developed so that it is prepared to act with efficiency and productivity. For this, we carried out in-depth research on the physical leiaute issues, bringing together internal company documents to assist in the project. Finally, it described the steps of the study conducted by the student in their design of a new leiaute, resulting in improved material flow and an increase in the overall capacity of the factory, with the elimination of numerous flow problems and bottlenecks.

Keywords: Physical arrangement, metallurgical company, material flow, production capacity, SLP, case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz produto-processo.....	19
Figura 2 – Matriz de <i>leiaute</i> e gráfico volume-variedade.....	20
Figura 3 – <i>Leiaute</i> linear.....	23
Figura 4 – Arranjo físico celular.....	25
Figura 5 – Complexo de restaurantes com os tipos básicos de <i>leiaute</i>	26
Figura 6 – Três células virtuais.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da pesquisa.....	31
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processos produtivos.	20
Quadro 2 – Cronograma da pesquisa.	33

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	Pergunta de pesquisa.....	15
1.2	Justificativa	15
1.3	Caracterização do tema	16
1.4	Objetivos do trabalho	16
1.4.1	Objetivo geral	16
1.4.2	Objetivos específicos.....	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Arranjo físico	18
2.1.1	Conceito.....	18
2.1.2	Por que arranjo físico?.....	18
2.1.3	Sistemas de produção	19
2.1.4	Processos produtivos	20
2.1.5	Modelos tradicionais de arranjo físico	21
2.1.6	Novo conceito de arranjo físico	26
2.1.7	Normas a serem consideradas.....	28
2.1.8	Desenho da planta	28
2.2	Trabalhos recentes da área.....	30
3.	METODOLOGIA.....	31
3.1	Classificação da pesquisa.....	31
3.2	Método	32
4.	CRONOGRAMA.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, muitas indústrias utilizam arranjos físicos inadequados que diminui seu processo produtivo. Isso tem causado perdas consideráveis no que corresponde a aumento no tamanho de lotes de transferência, movimentação excessiva dos funcionários e dos produtos/peças, além de aumento no *lead time* total de fábrica. Além desses contratempos, existem também perdas não mensuráveis como a dificuldade de gerenciamento do fluxo produtivo.

A palavra *leiaute*, do inglês, vem sendo utilizada por diversos autores, e sendo incorporado ao nosso vocabulário, com o significado de “arranjo”, “plano”, “esquema”, “planejamento gráfico”, sendo sua adaptação para o português a palavra “leiaute”, segundo Marques e Draper (1995). No entanto, a palavra leiaute é pouco utilizada nas bibliografias citadas neste trabalho.

Segundo SLACK, CHAMBERS e HARRISON (2009), o arranjo físico de uma operação produtiva diz respeito ao posicionamento físico dos seus recursos transformadores, determinando também a maneira segundo a qual esses recursos fluem pela operação.

Analisando o arranjo físico de uma indústria, pode-se chegar a diversas conclusões, pois o arranjo físico reflete a forma como os bens e serviços são produzidos, como os postos de trabalho funcionam, qual o fluxo de materiais, pessoas e produtos acabados. Dentro do setor produtivo, verifica-se a importância da disposição das matérias-primas, materiais sendo transformados, produtos acabados, máquinas, instalações, estruturas para armazenagem, dentre outros, sendo que seu ordenamento pode melhorar ou dificultar o andamento da produção, refletindo nos resultados dos negócios da empresa.

1.1 Pergunta de pesquisa

A empresa analisada foi crescendo de acordo com o surgimento de oportunidades de negócio. Sendo assim, estudos de arranjo físico foram feitos ao implantar as máquinas e definir o processo de produção, porém há necessidade de obter um melhor rendimento das máquinas assim como de tempo de processos e criar um fluxo inteligente e funcional. Nesse contexto, como um leiaute funcional pode auxiliar no fluxo de materiais?

1.2 Justificativa

Grandes são os desperdícios na maioria dos processos produtivos, ou seja, há muitas atividades que não agregam valor ao produto e são desnecessárias. Segundo NAZARENO, R. (2003), em diversas empresas a proporção destas atividades é a seguinte:

- 5% das atividades da empresa agregam valor ao produto;
- 60% das atividades não agregam valor;
- 35% das atividades não agregam valor, porém não necessárias.

Por isso, as práticas para minimizar estas atividades que não agregam valor costumam conseguir ganhos muito grandes. O uso dos departamentos voltados a arranjos físicos funcionais tem várias vantagens, como alta flexibilidade de mix e produto, robustez em caso de interrupção de etapas, além de supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil.

1.3 Caracterização do tema

O tema deste trabalho é o estudo de caso de um projeto de implantação de *leiaute*, fundamentado na teoria do arranjo físico funcional, o qual ajuda as empresas a projetarem ou reestruturarem seus *leiautes* existentes, adequando-os da melhor forma às suas características particulares. Sendo assim, o que determina a relevância acadêmica do presente trabalho é a avaliação crítica entre metodologias usadas na empresa e as que estão presentes nas referências bibliográficas.

1.4 Objetivos do trabalho

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo é desenvolver um projeto de arranjo físico geral, fase II conforme Richard Muther (1978), da fábrica de uma empresa metalúrgica com alta variedade de peças/produtos e médio volume.

1.4.2 Objetivos específicos

O trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Levantar os aspectos teóricos que regem o planejamento de *leiaute*;

- Identificar os passos planejados no planejamento de *leiaute*;
- Analisar o atual quadro das instalações da empresa, o perfil do espaço existente, os sistemas de armazenamento e a sua disposição, suas funções e o porquê de estarem dispostos no formato atual;
 - Analisar o fluxo produtivo da empresa;
 - Propor um *leiaute* baseado na teoria.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica que dará base para execução desse projeto de monografia, abordando: conceito de *leiaute*, o porquê de aplicar um arranjo físico, os sistemas e processos produtivos, os modelos tradicionais e novos de arranjo físico, as normas a serem consideradas e os passos para elaborar um *leiaute*.

2.1 Arranjo físico

2.1.1 Conceito

Segundo Henrique e Carlos Corrêa (2012), o arranjo físico é a maneira segundo a qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma operação. Esses recursos podem incluir um centro de trabalho, uma pessoa, uma máquina, um departamento ou outros.

Já Slack, Chambers e Johnson (2009), com outras palavras, definem arranjo físico como o posicionamento dos recursos transformadores em relação aos outros e como as várias tarefas da operação serão alocadas a esses recursos transformadores.

2.1.2 Por que arranjo físico?

Segundo Moreira (2001) podem ser citados dois motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico:

- Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações;
- Mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias, entre outros fatores.

Além das vantagens citadas por Moreira, tem-se:

- Aumentar a moral e satisfação no trabalho;
- Reduzir os riscos para os colaboradores;
- Melhorar a comunicação.

O princípio do planejamento do arranjo físico é a de eliminar tudo que não agrega valor ao produto, ou seja, tudo aquilo que não melhora o produto e que aumenta custos. O

transporte pode ser o tipo de atividade que não tem valor para nada e, nesse caso, é necessária a sua eliminação ou redução.

2.1.3 Sistemas de produção

A concepção ou sistema de produção deve assumir uma das seguintes orientações básicas, segundo Henrique M. Rocha (2011):

- Sistemas orientados a processos (produção intermitente), caracterizados por baixo volume, alta variedade, fluxo de materiais intermitente, máquinas universais, emprego intensivo de mão-de-obra;
- Sistemas orientados a produtos (produção contínua), caracterizados por alto volume, baixa variedade, fluxo de materiais contínuo, máquinas especiais, aplicação intensiva de capital.

Figura 1 – Matriz produto-processo.

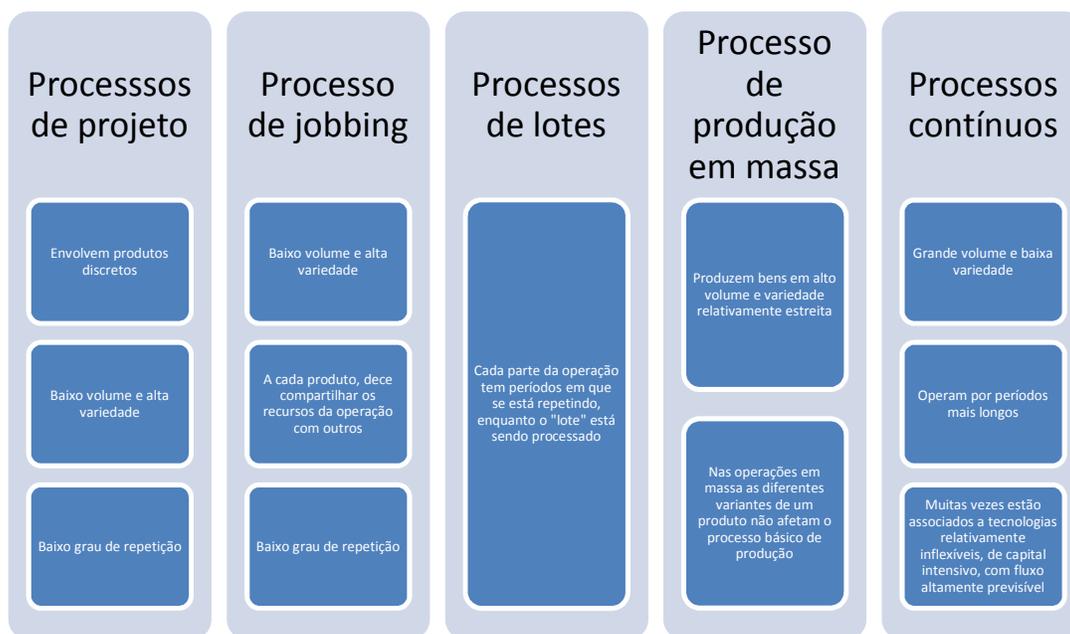


Fonte: Henrique Martins Rocha., 2011.

2.1.4 Processos produtivos

A composição de volume-variedade influencia na concepção e projeto do produto e indica diferentes tipos de processos produtivos.

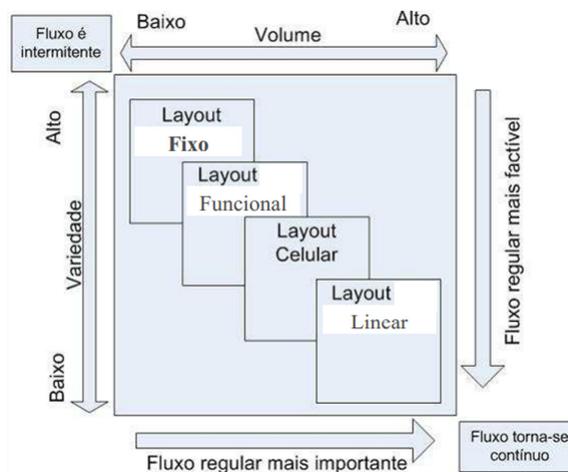
Quadro 1 – Processos produtivos.



Fonte: Proposto pelo autor, 2015.

Para indicar o processo apropriado, temos a seguinte matriz:

Figura 2 – Matriz de *leiaute* e gráfico volume-variedade.



Fonte: SLACK; CHAMBERS; JOHNSON, 2002.

2.1.5 Modelos tradicionais de arranjo físico

Os tipos de arranjos físicos têm características bastante específicas e apresentam diferentes potenciais de contribuir e até alavancarem diferentes desempenhos em distintos critérios de desempenho.

A escolha do tipo de arranjo físico depende em grande parte da escolha do processo, e são classificados em:

2.1.5.1 Arranjo físico funcional

Segundo Slack, Chambers e Johnson (2009), o arranjo físico funcional é assim chamado porque conforma-se às necessidades e conveniências das funções desempenhadas pelos recursos transformadores que constituem os processos.

Quando os produtos fluírem pela operação, eles percorrerão um roteiro de acordo com as necessidades requeridas para um produto final esperado. Portanto, diferentes produtos terão diferentes necessidades, exigindo diferentes roteiros. Geralmente, isso faz com que o padrão de fluxo na operação seja bastante complexo.

O arranjo físico funcional é adequado para um setor que fabrica diferentes produtos com as mesmas máquinas e que atende as mudanças de mercado com produtos diversificados em diversas quantidades.

Uma das vantagens do arranjo físico funcional que não foi anteriormente citada foi menor investimento para instalação do parque industrial, pois quando equipamentos similares são agrupados, os custos de instalação geralmente diminuem. Por exemplo, determinados equipamentos ou operações exigem um sistema de exaustão de ar ambiente. Se eles forem agrupados, um único sistema poderá servir a diversas máquinas.

Como característica existe uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades, com fluxo pequeno de peças dentro de cada departamento (intradepartamental) e grande entre eles (interdepartamental).

Sendo assim, é fácil de imaginar que nesse tipo de arranjo, quando os fluxos começam a ficar intensos, faz com que os fluxos se cruzem, diminuindo a eficiência e aumentando o tempo de atravessamento dos fluxos.

As desvantagens deste tipo de arranjo físico são as seguintes:

- Diluição menor de custo fixo em função de menor expectativa de produção: como raramente se tem conhecimento com antecedência do que se vai produzir, a empresa precisa dispor de uma série de recursos, que devem estar disponíveis em função da necessidade de uma operação específica que pode ou não acontecer. Muitas vezes, para evitar algum gargalo na produção de determinados lotes, que podem exigir maior tempo de determinada operação, a empresa precisa ter máquinas em duplicidade para atender demandas inesperadas;
- Dificuldade de balanceamento: devido à constante alteração do produto, a dificuldade em programar e balancear o trabalho é maior, além de se exigir que essas atividades sejam executadas em intervalos curtos de tempo, às vezes até diariamente. Isto costuma gerar estoques em processo mais elevados para compensar as diferenças de processamento;
- Exige mão-de-obra qualificada: por um lado, isto é tido como vantagem e, por outro lado, pode ser considerado desvantajoso, para empresas brasileiras acostumadas a lidar com folhas de pagamento de baixo valor, quando comparadas às empresas dos países mais desenvolvidos;
- Este processo não permite muita amplitude de supervisão, não é rara a necessidade de um supervisor para cada área de trabalho;

➤ Maior necessidade de preparo e setup de máquinas: os volumes baixos resultam na necessidade de maior quantidade de preparos de máquinas, proporcionalmente ao tempo que estas são mantidas em operação;

➤ Elevado tempo necessário para completar cada lote. RIBEIRO e MEGUELATI (2002) descrevem que, do tempo total consumido na produção de uma peça, cerca de 5% são destinados à execução em máquina e os 95% restantes são gastos em movimentações e filas de espera. Além disso, dentro desses 5%, apenas 30% do tempo é usinagem propriamente dita, uma vez que a preparação das máquinas e outras tarefas consomem a maior parte do tempo.

Portanto, o controle da produção é complexo devido a vários lotes serem executados ao mesmo tempo em setores distintos. Em contrapartida, a elaboração do processo de fabricação é uma atividade simples que defini a rota pelos departamentos (GROOVER, 1987, p.28).

O desafio nas decisões sobre o *leiaute* funcional é procurar arranjar a posição relativa e as áreas de cada setor, de forma a aproximar os postos de trabalho que tenham fluxos intensos, para em seguida encaixar as áreas resultantes na área total disponível.

2.1.5.2 Arranjo físico em linha ou por produto

No arranjo físico em linha, a posição relativa dos recursos segue uma sequência de etapas do processo de agregação de valor, só valendo apenas se os recursos forem percorridos por um grande volume de fluxo.

Numa linha de montagem, as unidades passam, de uma em uma, de uma etapa do processo a outra num ritmo preestabelecido, de forma que haja sempre alguém agregando valor ao produto e a geração de estoque é mínima, pela baixa necessidade de isolamento das operações.

Suas operações de montagem ou produção sempre iguais, com alto grau de divisão do trabalho, proporcionam aos colaboradores um trabalho monótono e estressante. Entretanto, tal arranjo facilitará o controle do processo e minimiza o manuseio de materiais.

Neste tipo de arranjo, o custo fixo da organização costuma ser alto, mas o custo variável por produto produzido é geralmente baixo. Destaca-se também por uma alavancagem operacional, sendo adotado somente quando o volume de produção justifica

o investimento, que é extremamente alto. Enquanto um arranjo físico funcional pode ser elaborado aos poucos, o arranjo físico em linha deve ser implantado de uma só vez.

Figura 3 – *Leiaute* linear.



Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni, 2005.

2.1.5.3 Arranjo físico por posição fixa

Tem como característica a existência de pequena variedade de produtos em pequenas quantidades. É usado quando o produto fica fixo (por exemplo, na construção de navios) enquanto os trabalhadores, as máquinas, os equipamentos e as matérias-primas se movimentam. Nesse caso, a movimentação deve ser a mínima possível. Tudo deve estar próximo ao produto. São dois os casos básicos em que o arranjo por posição fixa é amplamente utilizado:

- Quando a natureza do produto, como peso, dimensões e/ou forma impedem outra forma de trabalho: projetos de grandes construções, como estradas, pontes, usinas hidroelétricas, construções em estaleiros, atividades agropecuárias;
- Quando a movimentação do produto é inconveniente ou extremamente difícil. Este é o caso de cirurgias, trabalhos artesanais como esculturas, montagem de equipamentos delicados ou perigosos, etc;

Dentre as vantagens deste tipo de arranjo, temos a possibilidade de terceirização de todo o projeto, ou de parte dele, em prazos previamente fixados.

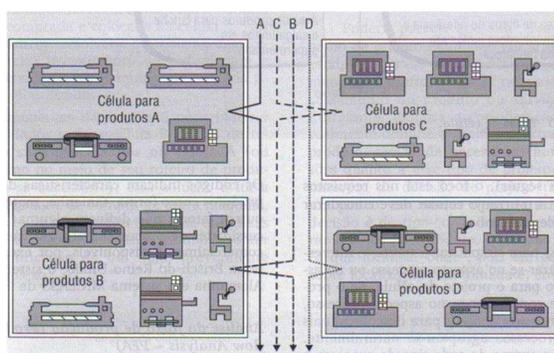
Na prática, a eficácia de um arranjo físico posicional está ligada à programação de acesso ao local de trabalho e à confiabilidade das entregas.

2.1.5.4 Arranjo físico celular

De acordo com Chase, Jacobs e Aquilano (2006), o leiaute celular aloca máquinas diferentes em células para trabalhar em produtos que tem formatos e requisitos similares de processamento; são amplamente difundidos hoje em dia na fabricação de metal, chips para computadores e em trabalhos de montagem.

O arranjo físico do tipo celular tenta aumentar as eficiências do arranjo físico funcional, tentando, entretanto, não perder muito de sua desejável flexibilidade. Seu conceito está ligado à filosofia denominada Tecnologia de Grupo (TG): as peças com similaridades são identificadas e agrupadas com o objetivo de buscar vantagens no projeto e na manufatura. Esses grupos são denominados de famílias. Se o objetivo é a manufatura, então as peças de uma mesma família terão necessidades de processamento similares, levando a formação de um grupo de máquinas responsáveis pela sua fabricação.

Figura 4 – Arranjo físico celular.

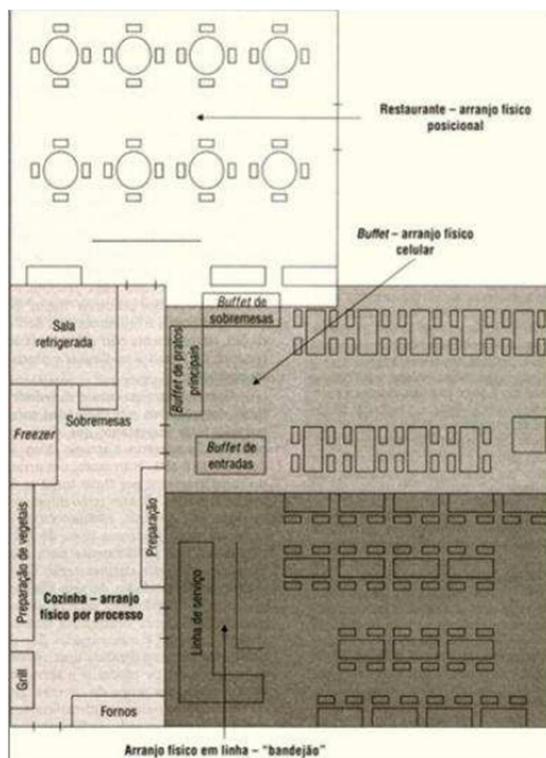


Fonte: PEINADO; GRAEML, 2007.

2.1.5.1 Arranjo físico misto

Este tipo de arranjo é utilizado quando se quer unir as vantagens dos tipos de arranjo físico, em função de um determinado processo produtivo.

Figura 5 – Complexo de restaurantes com os tipos básicos de *leiaute*.



Fonte: SLACK; CHAMBERS; JOHNSON, 2002.

2.1.6 Novo conceito de arranjo físico

Benjaafar, Heragu e Irani (2002, p.58) declaram que as recentes tendências da indústria sugerem que as configurações clássicas de arranjo físico não reúnem as características necessárias para atender aos empreendimentos multiprodutos e neste caso é necessária uma nova geração de arranjos que devem ser flexíveis, modulares e fáceis de serem reconfiguráveis. De acordo com Rheault, Drolet e Abdunour (1995, p.221) um ambiente turbulento é caracterizado por:

- Alta variação na demanda;
- Alta variação nos tamanhos de lotes de produção;
- Alta variação nos tempos de processamento;
- Alta variação nos tempos de preparação;

- Demanda estocástica (parcialmente ou totalmente);
- Frequentes mudanças no conjunto de produtos;
- Sequências de produção variáveis;
- Forte competição.

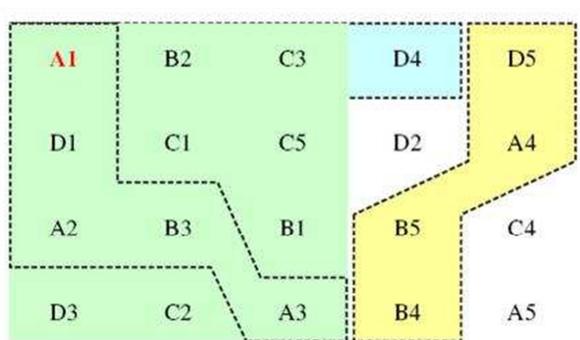
2.1.6.1 Arranjo físico ágil

É um arranjo que permite frequentes reconfigurações na disposição dos equipamentos. Quando necessário o arranjo físico é reprojetoado para maximizar o desempenho operacional ao invés de minimizar o custo de movimentação de material.

2.1.6.2 Células virtuais de manufatura

As células virtuais estendem o conceito de células definido em tecnologia de grupo por permitirem o compartilhamento de estações de trabalho com outras células virtuais que produzem diferentes famílias de peças e que tem sobreposição de recursos requeridos.

Figura 6 – Três células virtuais.



Fonte: Adaptado de Sarker e Li, 2001, p.674.

2.1.6.3 Arranjo linear 80/40

Este arranjo prevê a existência de 2 linhas próximas, uma com capacidade de atender 80% da demanda nominal prevista e a outra 40%. Sem necessidade de rearranjos físicos, esta composição permite cobrir vasto espectro de variações de demanda, incluindo utilização de diferentes turnos.

2.1.6.4 Arranjo físico modular

Apresentado por Irani e Huang (2000), esta proposta não assume padrões de fluxo ou critérios de agrupamento de máquinas. O fluxo de material é decomposto em uma rede de módulos e cada módulo representa parte da instalação. Sendo o módulo um grupo de máquinas conectadas por um fluxo de material bem definido.

2.1.6.5 Arranjo físico fractal

Em matemática a palavra fractal é usada para descrever objetos cuja estrutura repete-se em cada detalhe quando a resolução aumenta. Venkatadri, Rardin e Montreuil (1997, p.912) definem o arranjo fractal como sendo uma extensão do arranjo celular, pois o chão de fábrica é dividido em pequenos grupos denominados células fractais ou simplesmente fractais.

Na definição original as células fractais são idênticas e podem produzir toda a gama de produtos da empresa, pois possuem pelo menos uma estação de trabalho de cada tipo.

2.1.7 Normas a serem consideradas

As N.R. – normas regulamentadoras – são normas de segurança do Ministério do Trabalho. Dentre muitas funções, essas normas regularizam o projeto de arranjo físico das indústrias. A NR 12, por exemplo, dita a distância entre uma máquina e outro posto de trabalho.

Para um bom arranjo físico, têm-se as seguintes normas regulamentadoras: NR 11 (transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais), NR 12 (máquinas e equipamentos), NR 17 (ergonomia), NR 18 (condições e meio ambiente de trabalho na indústria de construção), NR 23 (proteção contra incêndios), NR 24 (sobre condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho), NR 26 (sinalização de segurança).

Dentre estas normas, a NR 11 e a NR 18 foi usada, pelo fato deste trabalho abordar um arranjo físico mais geral e não detalhado.

2.1.8 Desenho da planta

Na melhoria de um arranjo físico, de início faz-se a observação do local em estudo e em seguida um desenho a mão livre da planta com todos os detalhes importantes. Deve-se tomar nota do caminho que os produtos percorrem através dos postos de trabalho.

O procedimento, segundo o Telecurso 2000 Profissionalizante de Mecânica (2009), é dividido em três passos, são eles:

➤ 1º Passo: Desenho (planta) do local – *leiaute*

A planta do local deverá conter detalhes importantes que devem ser marcados claramente na planta.

Há alguns aspectos importantes que devem ser observados:

- Materiais: produto semiacabado; acabado ou matéria-prima.
- Postos de trabalho.
- Equipamentos: pontes rolantes, esteiras transportadoras etc.
- Pessoal: posição de trabalho.
- Transportes: circulação de pessoas, materiais e equipamentos.
- Armazenamento de materiais.
- Características do edifício: andar, dimensões etc.
- Instalações: elétrica; pneumática, vapor, hidráulica etc.
- Fluxo de circulação: sequência ordenada da movimentação do produto, indicado por flecha.

➤ 2º Passo: Elaboração do novo *leiaute*

Nesta etapa, devemos procurar um melhor posicionamento das máquinas, dos homens e dos equipamentos para uma melhor utilização do espaço disponível.

Alguns aspectos devem ser levados em conta:

- As distâncias entre os postos de trabalho devem ser as mínimas possíveis, de acordo com a NR 12.
- Evitar cruzamentos de materiais e produtos.
- Eliminar riscos de acidentes.

-Facilitar a circulação (movimentação) de homens, materiais e produtos.

➤ 3º Passo: Implantação do novo leiaute

Após elaborar o novo arranjo físico, podemos implantar o novo leiaute. Para isso, é necessária a autorização dos superiores, após explicar-lhes as mudanças necessárias e suas vantagens em relação ao leiaute existente.

2.2 Trabalhos recentes da área

Alessandro Lucas da Silva (2009) realizou um trabalho que busca apresentar um modelo de análise e projeto de *leiaute* industrial para empresas que estão implantando ou já implantaram os conceitos da Produção Enxuta. O modelo desenvolvido foca empresas de manufatura discreta em ambientes com uma alta variedade de produtos. O objetivo principal do autor foi desenvolver um modelo de fácil utilização que auxilie as pessoas envolvidas no projeto do arranjo físico. Fatores como gestão visual, qualidade, fluxo contínuo, complexidade de programação da produção, entre outros, foram levados em consideração na construção do modelo. Esse trabalho apresenta a metodologia 3P Kaizen, uma metodologia de projeto de *leiaute* industrial desenvolvida pela Toyota e utilizada em situações de projeto de novas linhas de produção.

Fábio Henrique de Oliveira (2011) analisou como a aplicação de ferramentas computacionais gráficas auxilia no projeto de leiaute para um Sistema de Produção Enxuta. A partir deste estudo pode-se concluir que as ferramentas computacionais gráficas não substituem as ferramentas tradicionais nem as metodologias para projeto de leiaute, entretanto atuam como ferramentas chave que contribuem em muito para o desenvolvimento do trabalho. Os principais benefícios encontrados foram: redução no tempo de projeto; aumento da qualidade do projeto; melhora a comunicação e apresentação da ideia do leiaute; auxilia a discussão e alteração dos conceitos de leiaute; melhora a observação, interação e análise de diferentes cenários; facilita a manipulação do leiaute; proporciona agilidade na criação, modificação e movimentação das formas para a geração das alternativas de leiaute; permite a identificação de problemas potenciais antes da construção; proporciona maior precisão no projeto; facilita a otimização dos recursos da fábrica aumentando sua eficiência, dentre outros.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, pretende-se realizar pesquisas de ordem qualitativa, bibliográficas, documentais e experimentais, através de análises da disposição dos equipamentos, materiais e funcionários no arranjo físico do setor de produção, e análises de dados sigilosos documentados pela empresa, tais como imagens, fluxogramas da produção.

Na monografia será feito o arranjo físico de uma indústria do ramo de metal mecânica. Foram coletados dados na linha de produção e, a partir da análise dos mesmos, foi proposto um novo arranjo físico.

3.1 Classificação da pesquisa

A natureza da pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas, dirigidos à soluções de problemas específicos. Já a abordagem do problema é qualitativa, pelo modo da análise ser subjetiva e não depender de nenhuma análise estatística ou matemática. Quanto aos objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória, tendo como amostragem para estudo uma empresa real.

O método a ser utilizado é o estudo de caso, focalizando numa situação pré-determinada. De acordo com Miguel (2007), o estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas. Trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (MIGUEL, 2007, p. 219). Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria.

Tabela 1 – Classificação da pesquisa.

Quanto à natureza	Aplicada
Quanto à abordagem do problema	Qualitativa
Quanto aos objetivos	Exploratória
Quanto ao método	Estudo de Caso

Fonte: Fábio Henrique de Oliveira, 2011.

3.2 Método

A metodologia proposta contempla etapas que envolvam a inserção dos usuários e o grau de relacionamento entre os setores e/ou postos de trabalho. Sendo assim, para os procedimentos deste trabalho cita-se como etapas:

- Levantamento de informações sobre a empresa:

Inicialmente deve-se colher informações como quais os serviços prestados, qual o público alvo, as principais atividades executadas e a localização da área a ser planejada e de seus setores.

- Levantamento de informações sobre setores e postos de trabalho:

Levantar junto aos responsáveis as particularidades de cada setor e postos de trabalho, a fim de detectar o nível de relação entre esses setores. Além de colher informações como quais equipamentos são necessários em cada setor e a área dos respectivos setores.

- Levantamento do fluxo de materiais:

Relatar quais setores a matéria prima percorre até ser transformado no produto final.

- Análise das informações:

As informações colhidas nos tópicos anteriores são analisadas e estudadas para se chegar a uma conclusão que direcione ao novo *leiaute*.

- Dimensionamento dos setores da empresa:

Este tópico envolve o cálculo de quais as melhores áreas e distâncias entre equipamentos, segundo as normas reguladoras, que garantam o desempenho das atividades com segurança.

- Elaboração de proposta de *leiaute*

Levando em consideração os passos anteriores, as informações obtidas e o grau de relacionamento, elabora-se uma proposta de *leiaute* possível e conveniente.

4. CRONOGRAMA

Quadro 2 – Cronograma da pesquisa.

ATIVIDADES	2014				2015						
	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.
1. Levantamento da bibliografia	x	x	x	x							
2. Aquisição da referência bibliográfica			x	x							
3. Leitura da bibliografia	x	x	x	x							
4. Elaboração do fichamento do material	x	x	x	x	x	x					
5. Definição do modelo da pesquisa	x										
6. Elaboração do referencial teórico				x	x	x					
7. Elaboração do Anteprojeto			x	x	x	x	x				
8. Planejamento da pesquisa							x				
9. Elaboração dos instrumentos de coleta de dados								x			
10. Coleta de dados primários e secundários								x			
11. Realização das entrevistas								x			
12. Análise de dados								x	x		
13. Avaliação da Pesquisa com a Orientadora									x	x	
14. Ajustes na redação do trabalho final										x	
15. Elaboração Final da Monografia											x
16. Entrega da Monografia											x

Fonte: Proposto pelo autor, 2015.

REFERÊNCIAS

- ANDRES, G.; **Planejamento do Arranjo Físico de uma Indústria Química**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. 134p. Trabalho de Conclusão de Curso.
- BENJAAFAR, S.; HERAGU, S. S.; IRANI, S. A.; **Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress**. Interfaces, v. 32, n. 6, p. 58-76, Nov-Dec 2002.
- CHASE, R. B.; JACOBS, R.; AQUILANO, N. J.; **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**. 10. Ed., Porto Alegre: Ed. Bookman, 2006.
- CORRÊA, H.; CORRÊA, C.; **Administração de Produção e Operações**. 3. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2012.
- GROVVER, M. P.; **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. New Jersey: Prentice Hall, 1987.
- IRANI, S. A.; HUANG, H.; **Custom Design of Facility Layouts for Multiproduct Facilities Using Layout Modules**. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 16, n. 3, June 2000.
- JOAQUIM, C.C.; BORBA, M.; **Metodologia para Elaboração de Propostas de Leiaute num Setor Administrativo e Estudo de Caso**, SIMPEP, n. XIV, 2007, São Paulo, p. 2-7.
- JUNIOR, F.A.L.; **Otimização e Reprojetado de Leiaute Através da Sistemática de Planejamento com Base Teórica: um Estudo de Caso**. Joinville: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2008. 91p. Trabalho de Conclusão de Curso.
- LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G.; **Administração de Produção**, 2. Ed., São Paulo: Ed. Saraiva, 2005.
- MARQUES, A.; DRAPER, D.; **Dicionário Inglês Português- Português Inglês**, 13. Ed., São Paulo: Ed. Ática, 1995.
- MARTINS, J.; **Design de Leiaute: Um Estudo de Caso na Indústria Metalúrgica**. Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 2009. 91p. Trabalho de Conclusão de Curso.
- MIGUEL, P. A. C.; **Estudo de Caso a Engenharia de Produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Revista Produção, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 11** – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. Brasília, 2004, 2p.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 18** – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília, 2013, 64p.
- MOREIRA, D. A.; **Administração da Produção e Operações**. 1. Ed., São Paulo: Thomson Learning, 2001.
- MUTHER, R.; **Planejamento do Leiaute: Sistema SLP**. 1. Ed., São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1978.
- NAZARENO, R. R.; **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado).

- OLIVEIRA, F.H.; **Produção Enxuta e Leiaute**: Aplicações de Ferramentas Computacionais Gráficas na Construção do Leiaute. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011. 113p. Trabalho de Conclusão de Curso.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexander; **Administração da Produção**: operações industriais e de serviços: Universidade São Bernardo do Campo, 2007. 750p.
- RHEAULT, M.; DROLET, J.R.; ABDULNOUR, G.; **Physically Reconfigurable Virtual Cells**: a Dynamic Model for a Highly Dynamic Environment. Computers Industrial Engineering, v.29, n. 1-4, p. 221-225, 1995.
- ROCHA, H.M.; **Apostila da Disciplina**: Arranjo Físico Industrial. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011. 84p. Apostila.
- RIBEIRO, J. F. F.; MEGUELATI, S. (2002). **Organização de um Sistema de Produção em Células de Fabricação**. Revista Gestão & Produção, v. 9, n. 1, p.62-77, abr.
- SARKER, B. R.; LI, Z.; “**Job Routing and Operations Scheduling**: a network-based virtual cell formation approach”, J OPER RES, 2001, p.674.
- SILVA, A.L.; **Desenvolvimento de um Modelo de Análise e Projeto de Leiaute Industrial Orientado para a Produção Enxuta**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009. 234p. Tese (Doutorado).
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; **Administração da Produção**. 3. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2009.
- TELECURSO 2000 PROFISSIONALIZANTE DE MECÂNICA. *Leiaute ou arranjo físico*. : Positivo, 2009. Disponível em: <<http://www.acervotecnico.com.br/2010/02/telecurso-2000-organizacao-do-trabalho.html>>. Acesso em 18 dez. 2014.
- VENKATADRI, U.; RARDIN, R. L.; MONTREUIL, B.; **A Design Methodology for Fractal Layout Organization**. IEE Transactions, n. 29, p. 911-924, 1997.