

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO EM UMA INDÚSTRIA DE REMANUFATURA DE ROLOS DE IMPRESSORA

AMANDA CRISTINA DUTRA TURUTE

amanda_turute@hotmail.com

AEDB

ROBSON NUNES SILVA

robson_nunesilva@hotmail.com

AEDB

SUZANA MAIA NERY

suzana.nery@aedb.br

AEDB

Resumo: Ao elaborar um arranjo físico ou layout, procura-se otimizar produtividade de máquinas, equipamentos e materiais participantes do processo produtivo, com o objetivo de se obter maior eficiência dos processos e a redução de custos. Para isso, se consideram aspectos relativos à movimentação de materiais e pessoas, estoques de matéria prima e de produto acabado, e espaço disponível. Este trabalho apresenta uma proposta de arranjo físico para a nova instalação da empresa XY, que realiza pequenas usinagens e remanufaturas de rolos de impressora e está localizada no município de Itatiaia-RJ. Realizou-se análise dos diversos fatores de produção e de um método de trabalho, que incluiu os princípios básicos do layout obtendo-se então, um arranjo ótimo.

Palavras Chave: Arranjo físico - Processo - Diagrama Espaguete - Layout -

1. INTRODUÇÃO

O arranjo das áreas de trabalho nasceu com o comércio e o artesanato. Com o desenvolvimento dos sistemas produtivos, maior atenção passou a ser dada à utilização do espaço físico nas organizações. (MUTHER, 1976)

Layout ou arranjo físico é a maneira como os homens, máquinas e equipamentos estão dispostos em uma fábrica. O problema do layout é a locação relativa mais econômica das várias áreas de produção. Em outras palavras, é a melhor utilização do espaço disponível que resulte em um processamento mais efetivo, através da menor distância, no menor tempo possível. (VIEIRA, 1976).

A empresa em estudo, aqui denominada de empresa XY, realiza serviços de usinagem, caldeiraria leve, reforma e manutenção de equipamentos industriais e revestimentos de borracha, viton e politetrafluoretileno em cilindros metálicos, todos agrupados no mesmo espaço físico. Assim sendo, os equipamentos de outros processos interferem no fluxo do processo de revestimento de borracha, viton e politetrafluoretileno em cilindros metálicos, também chamado de remanufatura de rolo de impressora, objeto deste trabalho.

A empresa XY realizou um novo investimento, adquirindo sua instalação própria, com o objetivo de eliminar o custo fixo direto referente a aluguel. Naturalmente, viu-se a necessidade de planejar um novo arranjo físico para os seus processos produtivos. Portanto, a questão principal a ser respondida por este trabalho é: Qual o arranjo físico será capaz de reduzir o tempo de processamento do rolo e aumentar a produtividade da empresa?

Durante todo seu histórico de produção desde 2011, a empresa XY não realizou nenhum tipo de estudo para adequar o seu arranjo físico as variações de demanda. Como consequência, há um arranjo físico confuso, com visível perda de produtividade. Portanto, o objetivo deste trabalho é propor um arranjo físico para a nova instalação da empresa, utilizando como ferramentas auxiliares o fluxograma do processo e o diagrama de espaguete, contemplando o tipo de processo da empresa em estudo.

Ademais, para desenvolver o trabalho, elaborou-se o fluxograma do processo de remanufatura de rolos, a classificação do processo produtivo e do tipo de arranjo físico, aplicação dos princípios de Moore (1962) para a proposta do novo arranjo físico e utilização do diagrama de espaguete como ferramenta quantitativa e comparativa de distância e tempo.

A empresa em estudo não possui filial e o presente trabalho considera somente o arranjo físico na área produtiva de remanufatura de rolos de impressora.

2. METODOLOGIA

Este trabalho é característico de uma pesquisa aplicada, cujo resultado gera conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais. Ele tem objetivo descritivo que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Trata-se também de uma abordagem qualitativa e quantitativa. Quantitativa porque considera que parte do trabalho pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. E qualitativa porque considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Os procedimentos são característicos de um estudo de caso, ou seja, envolve o estudo profundo e

exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. (GIL,1991 apud SILVA, 2005).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ARRANJO FÍSICO

Segundo Slack (2009), definir um arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas equipamentos e pessoal da produção. Assim, o layout pode ser considerado como a forma os recursos produtivos, homens, máquinas e materiais, estão dispostos em uma fábrica. A definição ou locação de um layout de uma planta fabril é uma tarefa que tem um alto grau de complexidade e envolve uma gama expressiva de aspectos que devem ser analisados. Não obstante, a elaboração de um estudo para melhorar o arranjo físico de um setor da manufatura requer do projetista um conhecimento aprimorado do processo, caso contrário, pode levar à insatisfação do cliente ou perdas na produção.

Para Moore (1962), devem ser seguidos os seguintes princípios na proposta do novo arranjo físico:

- Princípio da integração: Princípio que visa a contribuição de todas as partes da planta, de forma sinérgica, para a consecução dos objetivos do processo produtivo;
- Princípio da mínima distância: Princípio pelo qual se pretende diminuir os esforços de movimentação que em geral nada acrescentam ao valor final do produto;
- Princípio de obediência ao fluxo de operações: Princípio pelo qual se pretende, além de reduzir as distâncias, também a eliminação de cruzamentos, retornos e interrupções.

Ao se planejar previamente o arranjo físico de uma planta fabril de forma adequada possibilita-se que todas as atividades se integrem de forma coerente, permitindo uma sequência lógica, evitando a geração de desperdícios, bem como prevendo e facilitando possíveis mudanças futuras. A meta de um arranjo físico é minimizar os custos totais dos fluxos satisfazendo um conjunto de restrições especificadas pelo processo de manufatura.

3.2. TIPOS DE ARRANJOS FÍSICOS

De acordo com Slack (2009), existem quatro tipos tradicionais de arranjos físicos:

- Arranjo posicional ou por posição fixa – Neste tipo de layout o produto a ser trabalhado permanece fixo enquanto os trabalhadores e ferramentas movimentam-se em seu entorno e, tem como característica a existência de pequena variedade de produtos em pequenas quantidades. Isso ocorre em situações onde todo o processo produtivo se desenvolve em uma área restrita, como no caso de produção artesanal, construção de navios, aviões e equipamentos de grande porte.
- Arranjo físico funcional ou por processo – Neste tipo de layout os recursos são organizados de acordo com as funções que desempenham e de suas necessidades comuns, como característica existe uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades. As peças se movem de acordo com as operações, o que permite a criação de departamentos com as operações do mesmo tipo feitas na mesma área. Por exemplo, setor de usinagem dividido com áreas de fresas, tornos, retíficas etc.
- Arranjo físico linear ou por produto – Neste tipo layout os equipamentos são dispostos de acordo com a sequência de processamento, o que facilita o controle do processo e minimiza o manuseio de materiais, ou seja, o material passa pelas operações e existe um único produto fabricado em grande quantidade.

- Arranjo físico celular – Neste tipo de layout o material em processo é direcionado para operação onde ocorrerão várias etapas de seu processamento. A célula concentra todos os recursos necessários para isso e pode ter os seus equipamentos organizados por produto ou por processo. Com a célula procura-se confinar os fluxos (movimentação de materiais) a uma área específica, reduzindo assim os efeitos negativos de fluxos intensos através de longas distâncias.

3.3. TIPOS DE SISTEMAS PRODUTIVOS

Segundo Tubino (2007), a classificação dos sistemas produtivos tem por finalidade facilitar o entendimento das características inerentes a cada sistema de produção, que podem ser divididos em quatro principais sistemas:

- **Sistemas contínuos:** São empregados quando existe alta uniformidade na produção e demanda de bens ou serviços, fazendo com que os produtos e os processos produtivos sejam totalmente independentes, favorecendo a sua automatização. Devido à automação dos processos, a flexibilidade para a mudança de produção é baixa. São necessários altos investimentos em equipamentos e instalações, e a mão de obra é empregada apenas para a condução e a manutenção das instalações, sendo seu custo insignificante em relação aos outros fatores produtivos.

- **Sistemas em massa:** São aqueles empregados na produção em grande escala de produtos altamente padronizados; exigindo participação de mão de obra especializada na transformação do produto. O volume alto de produção faz com que os custos fixos sejam diluídos e que os custos variáveis das matérias-primas e componentes, negociados em grandes lotes, também sejam menores, tendo como consequência custos finais baixos, quando comparados aos sistemas de produção em lotes e sob encomenda.

- **Sistemas em lotes:** Se caracterizam pela produção de um volume médio de bens ou serviços padronizados em lotes, sendo que cada lote segue uma série de operações que necessita ser programada à medida que as operações anteriores forem sendo realizadas. O sistema deve ser relativamente flexível visando atender diferentes pedidos dos clientes e flutuações da demanda, empregando equipamentos pouco especializados, geralmente agrupados em centros de trabalho identificados como departamentos, e mão de obra mais polivalente. Como existem muitos tempos de espera dos lotes entre as operações, o lean time produtivo é maior do que o do sistema em massa, bem como os custos decorrentes desta forma de organização.

- **Sistemas sob encomenda:** Tem como finalidade a montagem de um sistema produtivo voltado para o atendimento de necessidades específicas dos clientes, com demandas baixas, tendendo para a unidade. O produto tem uma data específica negociada com o cliente para ser fabricado e, uma vez concluído, o sistema produtivo se volta para um novo projeto. Os produtos são concebidos em estreita ligação com os clientes, de modo que suas especificações impõem uma organização dedicada ao projeto, que não pode ser preparada com antecedência, principalmente com a geração de supermercados de estoques intermediários para acelerar o lead time produtivo. Exige-se em termos de critérios na montagem do plano de produção, alta flexibilidade dos recursos produtivos com foco no atendimento de especificações dos clientes, normalmente à custa de certa ociosidade a demanda por bens ou serviços não ocorrer, gerando custos produtivos mais altos que os sistemas anteriores.

3.4. RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE PROCESSO E TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO

Para cada tipo de processo existe um arranjo físico ideal, de acordo com o volume de produção, a variedade. A figura 1 mostra a relação entre os tipos de processo e os tipos básicos de arranjo físico.

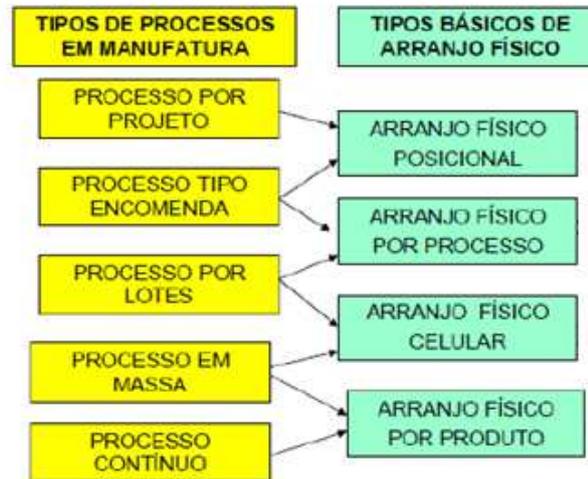


Figura 1: Arranjo físico x tipo de processo

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

3.5. DIAGRAMA DE ESPAGUETE

O *Diagrama Spaghetti*, ou diagrama de espaguete é uma ferramenta *Lean* que corresponde a uma visão aérea do layout fabril com a representação do trajeto, que o operador segue na execução das suas tarefas, por meio de linhas (COSTA, 2013). O diagrama espaguete é também conhecido como diagrama de fluxo e é elaborado com base no layout do ambiente de trabalho e demonstra o caminho percorrido pelo produto ou cliente na medida em que ele se movimenta dentro do fluxo de valor. (TUBINO, 2011 apud FAVERI, 2013).

Numa fase inicial, por observação do trabalho a analisar, definem-se os deslocamento do operador, podendo indicar-se o tempo e as distâncias percorridas. Trata-se de uma boa ferramenta para a determinação do desperdício, uma vez que possibilita observar desperdícios em relação ao tempo despendido em deslocamentos ou tarefas repetitivas, por exemplo. A figura 2 mostra um exemplo de gráfico de espaguete. As linhas correspondem ao caminho percorrido pelo operador durante o processo de fabricação. Essas linhas foram sobrepostas ao layout da fábrica, onde postos de trabalho foram enumerados de 1 a 9.

De posse da ferramenta aplicada, definem-se alterações no layout da organização, a fim de reduzir o percurso percorrido e, conseqüentemente, o tempo de processo, objetivando eliminar eventuais desperdícios na execução das atividades. (YAMADA; MARINS, 2010 apud CAVICHIOLI, 2014).

3.6. MARCHA HUMANA

A partir do século XIX iniciou-se a documentação da marcha humana. No século XX, com os avanços da tecnologia, vários centros desenvolveram laboratórios para analisar os movimentos humanos e, conseqüentemente, muito se publicou sobre esse assunto. (FALOPPA; ALBERTONI, 2008). A marcha é um padrão cíclico de movimentos corporais que se repete indefinidamente a cada passo. A marcha humana é uma forma de locomoção. No ato de caminhar ou correr há um padrão básico caracterizado pelo deslocamento rítmico das partes do corpo humano para mover o corpo a frente mantendo a postura estável.

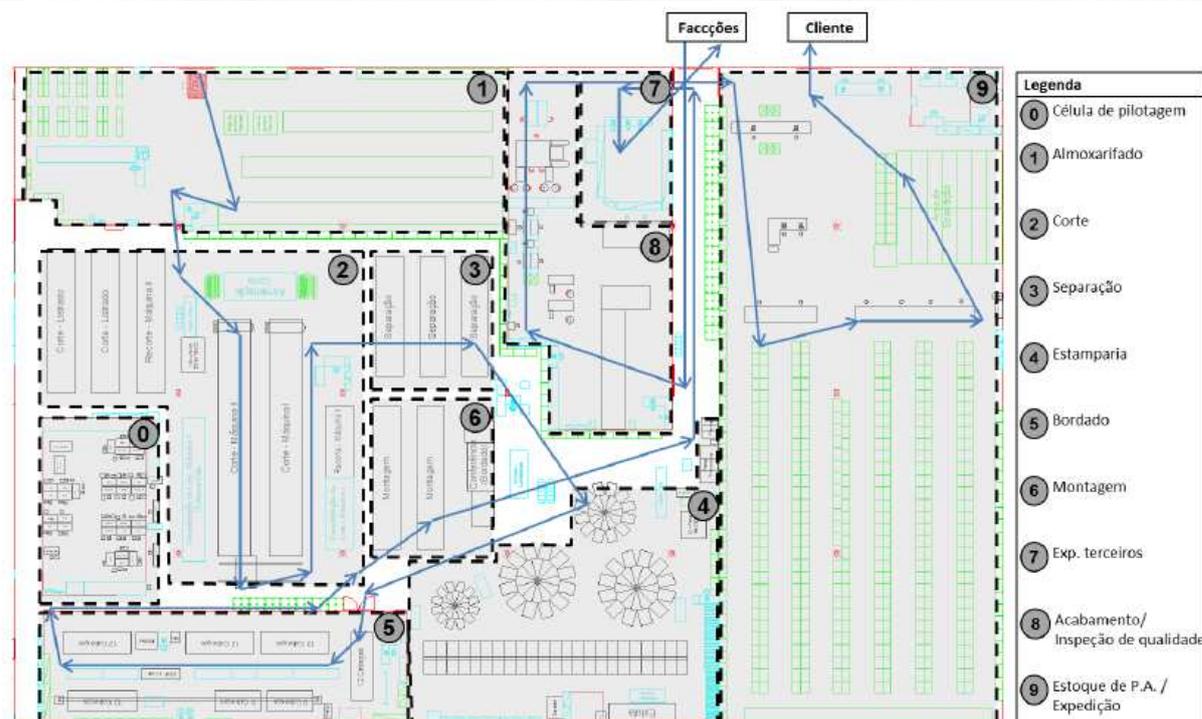


Figura 2: Diagrama de Espaguete.
Fonte: Martins (2013)

3.6.1. CONCEITOS EM CINEMÁTICA

Cadência: é o número de passos dados em uma unidade de tempo, normalmente expresso como passos por minuto. **Passo** é o espaço compreendido entre o contato inicial de um pé e o contato inicial do pé contralateral no solo. Pode ser expresso em tempo ou em comprimento. **Passada** é o espaço compreendido entre o contato inicial de um pé no solo e o novo contato inicia do mesmo pé. Assim, uma passada corresponde a dois passos. Também pode ser expresso em tempo ou comprimento (FERNANDES, 2011). A figura 3 mostra a relação de idade e sexo do indivíduo com a velocidade e comprimento da marcha.

Mulheres

Idade (anos)	Velocidade (m/s)	Compr. Passo (m)
13-14	0.90-1.62	0.99-1.55
15-17	0.92-1.64	1.03-1.57
18-49	0.94-1.66	1.06-1.58
50-64	0.91-1.63	1.04-1.56
65-80	0.80-1.52	0.94-1.46

Homens

Idade (anos)	Velocidade (m/s)	Compr. Passo (m)
13-14	0.95-1.67	1.06-1.64
15-17	1.03-1.75	1.15-1.75
18-49	1.10-1.82	1.25-1.85
50-64	0.96-1.68	1.22-1.82
65-80	0.81-1.61	1.11-1.71

Figura 3: Relação idade e sexo *versus* velocidade e comprimento do passo.
Fonte: Perry (2005)

3.7. PRODUTIVIDADE

Produtividade significa a quantidade de produtos ou serviços produzidos com os recursos utilizados. A produtividade num intervalo de tempo geralmente é medida como:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Quantidade de produtos ou serviços produzidos}}{\text{Quantidade de recursos utilizados}}$$

Segundo Gaither & Frazier (2001), se observa que há dois lados na equação da produtividade: a quantidade de produção e a quantidade de recursos utilizados. A produtividade varia com a quantidade de produção em relação à quantidade de recursos utilizados. A produtividade pode ser aumentada de diversas maneiras, tais como aumentar a produção utilizando a mesma quantidade ou quantidades menores de recursos, reduzir a quantidade de recursos utilizados enquanto a mesma produção é mantida ou aumentada, permitir que a quantidade de recursos utilizados se eleve contanto que a produção se eleve mais e permitir que a produção decresça, contanto que a quantidade de recursos utilizados decresça mais.

3.7.1 FATORES À MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE

Para Gaither & Frazier (2001), a produtividade de um recurso é a quantidade de produtos ou serviços produzidos num intervalo de tempo dividido pela quantidade necessária desse recurso. A produtividade de cada recurso pode e deve ser medida. A seguir, as medidas que podem ser usadas para determinar a produtividade, para um determinado intervalo de tempo: capital: número de produtos produzidos dividido pelo valor do ativo; materiais: número de produtos produzidos dividido pelo dinheiro gasto em materiais e mão-de-obra direta: número de produtos produzidos dividido pelas horas de mão-de-obra direta.

A figura 4 mostra as variáveis que influenciam na produtividade da mão de obra:

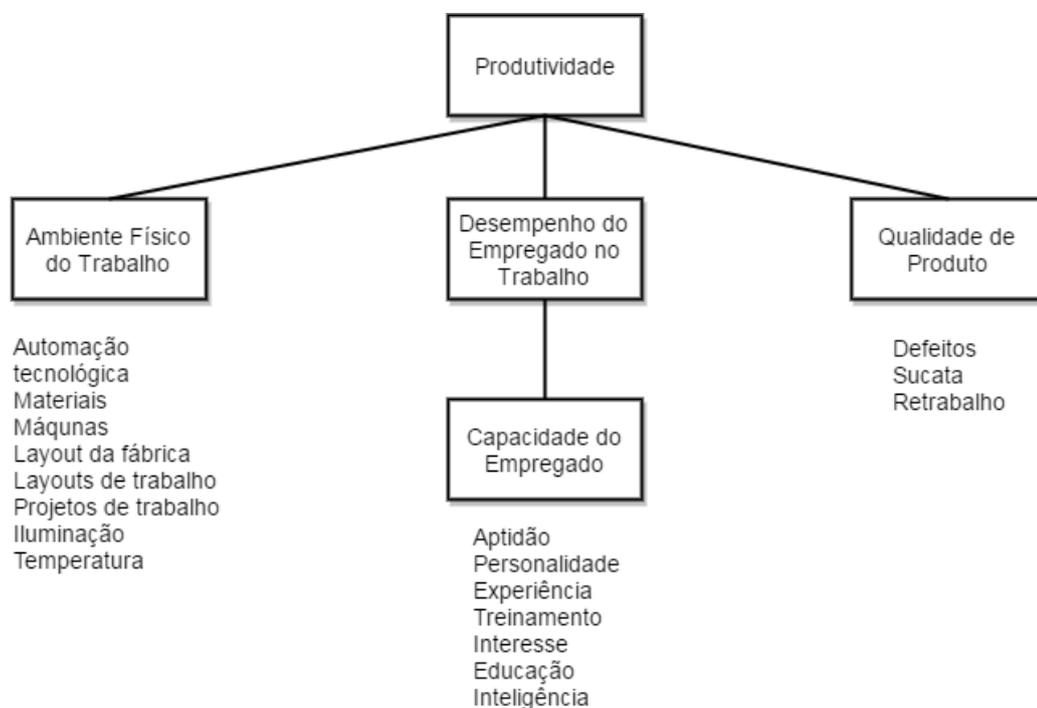


Figura 4: Variáveis que afetam a produtividade da mão-de-obra.

Fonte: Adaptado de Gaither & Frazier (2001)

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO

A empresa XY foi fundada no município de Itatiaia – RJ em abril de 2011. Desde então, mesmo com as variações de demanda e etapas do processo produtivo, nunca foi realizado um estudo para a adequação do arranjo físico. A empresa oferece ao mercado a terceirização de serviços de usinagem, caldeiraria leve, revestimentos de borracha, silicone e politetrafluoretileno em cilindros metálicos e reforma e manutenção de equipamentos industriais. Seu diferencial é a especialização no revestimento de cilindros metálicos para impressoras industriais, sendo a única empresa neste ramo da região Sul-Fluminense. O mercado consumidor destes produtos é formado principalmente por grandes empresas que fabricam impressoras industriais e gráficas, localizadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná. A empresa possui 14 funcionários, sendo 10 da área operacional e 4 administrativos. Trabalha com apenas um turno de 8h às 17h, com 1h de almoço, de segunda a sexta-feira.

4.1.1. PROCESSO PRODUTIVO E O SEU FLUXO

O processo de fabricação de rolo conta com 24 postos de trabalho, produzindo um lote com aproximadamente 25 unidades. O processo é dividido segundo o fluxograma representado pela figura 5.

- A. Recebimento: Recebimento do produto para ser remanufaturado.
- B. Desmontagem dos Componentes: O lote é levado para a área de desmontagem, para a retirada dos rolamentos e engrenagem.
- C. Limpeza de resíduos: Nesta etapa do processo, o rolo é colocado na máquina de lavar para remoção de resíduos brutos, como graxa, partículas, sujeiras e etc. Os resíduos devem ser retirados para não sujar e danificar os equipamentos utilizados no processo.
- D. Medição das pontas: É realizada a medição com um equipamento a laser nas pontas do rolo. Aqueles que estiverem com a medida correta aguardam em processo, e os que estiverem abaixo da medida seguem para o processo de jateamento. A medição deve ser feita para que ao fim do processo o rolamento se encaixe perfeitamente da montagem.
- E. Jateamento das pontas: São jateadas as pontas com granalhas de aço, para eliminar a corrosão e produzir um padrão de ancoragem que melhore a aderência do próximo processo.
- F. Metalização das pontas: É um processo de revestimento no qual o aço fundido é pulverizado na ponta do cilindro com o objetivo de fazer o revestimento das pontas.
- G. Usinagem das pontas com diâmetro especificado: Após a etapa f, as pontas do rolo são usinadas para alcançar o diâmetro especificado.
- H. Medição do perfil: Nesta etapa é realizada a medição com um equipamento a laser no perfil do cilindro. Aqueles que estiverem com a medida correta aguardam em processo, e o que estiverem abaixo seguem para o processo de usinagem do perfil.
- I. Rebaixamento do perfil: Rebaixamento é a operação que diminui o diâmetro do perfil e elimina parte do material de revestimento do perfil do rolo, para que a etapa 2.12, Metalização do perfil, seja realizada com sucesso.
- J. Lixamento do perfil: Realiza o lixamento com uma lixa de rugosidade média para preparar a peça para o jateamento.

- K. Jateamento do perfil 1: É jateado o perfil do cilindro com óxido de alumínio, para eliminar a corrosão e produzir um padrão de ancoragem que melhore a aderência do próximo processo.
- L. Metalização do perfil: É um processo de revestimento no qual o alumínio fundido é pulverizado na superfície do cilindro com o objetivo de fazer o revestimento inicial do perfil.
- M. Usinagem do perfil: É um processo em que se utiliza um torno copiador para copiar um perfil programado, e repassar as medidas do perfil para o cilindro novo.
- N. Lixamento do perfil: Realiza o lixamento com uma lixa de rugosidade fina para preparar a peça para o jateamento.
- O. Jateamento do perfil 2: É jateado o perfil do cilindro com óxido de alumínio, para eliminar a corrosão e produzir um padrão de ancoragem que melhore a aderência do próximo processo.
- P. Limpeza: Utiliza-se ar comprimido para remover a poeira, e a seguir as peças são lavadas com um produto químico para limpeza, para retirar possíveis partículas de alumínio que tenham restado do processo anterior.
- Q. Aplicação do primer: A peça é colocada na máquina, onde é aquecida e logo depois é aplicada uma camada de Primer. Primer é uma tinta especial para preparação de superfícies; que tem com função selar a superfície para evitar a bolhas no revestimento final e facilitar a aderência do próximo produto, e confere proteção anticorrosiva.
- R. Aplicação do Politetrafluoretileno: Politetrafluoretileno é um polímero conhecido pelo nome comercial Teflon. É um material com baixo coeficiente de atrito, além de possuir alta impermeabilidade em ambientes úmidos sem perder sua qualidade. Depois de um pequeno intervalo para secagem da primeira camada, a peça é retirada e colocada em outra máquina para aplicação do politetrafluoretileno.
- S. Cura: É colocado o lote dentro da estufa para que seja realizado a cura do politetrafluoretileno.
- T. Secagem: Coloca se o lote na frente de um ventilador para agilizar o resfriamento do produto para etapa seguinte.
- U. Polimento: É realizado o polimento do politetrafluoretileno com uma lixa com rugosidade fina com o objetivo de eliminar o excesso do produto, trincas e pequenas deformações.
- V. Montagem dos componentes: É realizada a montagem dos rolamentos e a engrenagem no cilindro.
- W. Inspeção: Realiza-se uma inspeção sobre a superfície do cilindro para avaliar possíveis defeitos, tais como rachaduras, poros, arranhados e bolhas;
- X. Embalagem: A peça é embalada em plástico bolha e colocada em caixas de papelão para serem enviadas para o estoque.
- Y. Estoque do produto final: As peças são armazenadas aguardando o despacho para o cliente
- Z. Entrega: As peças são enviadas para o cliente através da transportadora.

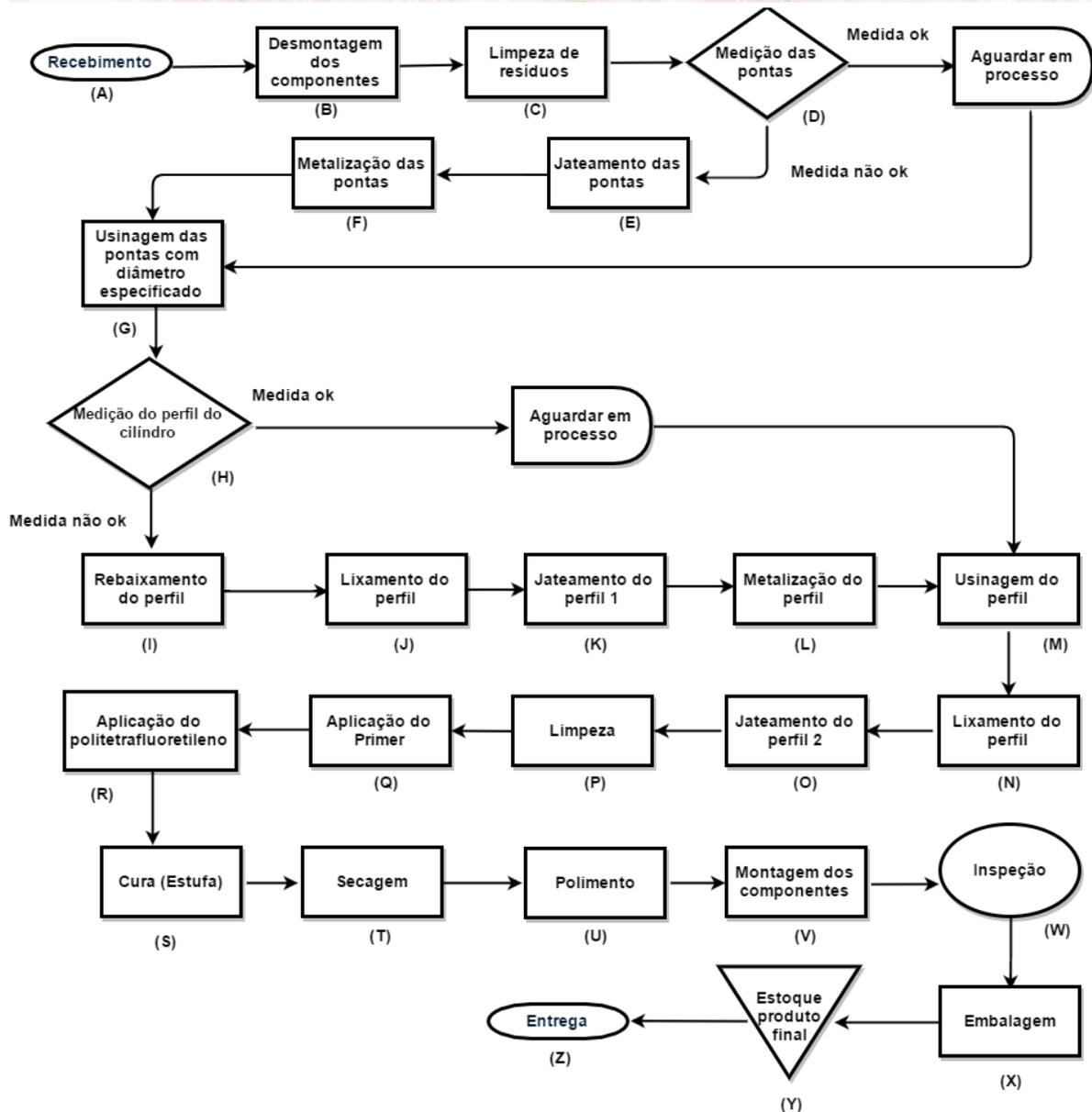


Figura 5: Fluxograma do processo de remanufatura de rolo de impressora.
Fonte: Autores (2016)

4.2. SITUAÇÃO ATUAL

4.2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO E DO ARRANJO FÍSICO

A empresa XY possui um sistema produtivo por lote. Porque hoje o processo comporta uma demanda de volume médio de produtos padronizados com uma variedade no mix de produção. Cada lote só prossegue a operação seguinte assim que as anteriores forem realizadas. Como pode ser visto no layout apresentado na figura 6, os processos produtivos são organizados por processos (A,B,C...), onde os recursos permanecem fixos e os produtos são movidos entre os setores. Por isso o arranjo físico pode ser classificado como funcional ou processo.

4.2.2 LAYOUT

A empresa XY tem disponível um espaço físico com uma área de 1.470m², localizado em Itatiaia- RJ, onde são realizados os processos de usinagem, caldeiraria leve, revestimentos

Tabela 1: Legenda da Figura 7

Identificação no layout	Processo	Identificação no layout	Processo
A	Recebimento	M	Usinagem do perfil
B	Desmontagem dos Componentes	N	Lixamento do perfil
C	Limpeza de resíduos	O	Jateamento do perfil 2
D	Medição das pontas	P	Limpeza
E	Jateamento das pontas	Q	Aplicação do primer
F	Metalização das pontas	R	Aplicação do Politetrafluoretileno
G	Usinagem das pontas	S	Cura
H	Medição do perfil	T	Secagem
I	Rebaixamento do perfil	U	Polimento
J	Lixamento do perfil	V	Montagem dos componentes
K	Jateamento do perfil 1	W	Inspeção
L	Metalização do perfil	X	Embalagem
		Y	Estoque do produto final

A tabela 2 mostra a medição das distâncias com base no caminho percorrido pelo operador entre os diversos processos. Foram realizadas três (3) medições, com o mesmo operador e o mesmo percurso, portanto, houve apenas diferenças mínimas que não foram consideradas relevantes. A tabela apresenta a distância total de 480 metros, para a produção de um lote de rolos.

Tabela 2 - Distância atual de um ciclo de produção.

Processos (De - Para)	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-K	K-L	L-M
Distância (m)	11	36	16,5	49	26,4	40	5	5	23	43	26,4	35,3
Processos (De - Para)	M-N	N-O	O-P	P-Q	Q-R	R-S	S-T	T-U	U-V	V-W	W-X	X-Y
Distância (m)	10,7	43	1	27,5	3	19	10,2	4	12	14	0	19

Fonte: Autores (2016)

4.3.SITUAÇÃO PROPOSTA

4.3.1. CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO E DO ARRANJO FÍSICO

O processo de remanufatura rolo de impressora necessita seguir uma série de operações programadas à medida que as operações anteriores são realizadas e comporta uma demanda de volume médio de produtos padronizados, ou seja, o processo mantém sua característica de processo por lote. A proposta deve também atender características importantes como propiciar uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades e a movimentação das peças de acordo com as operações. As melhorias foram feitas para que operações similares realizadas em departamentos diferentes fossem aproximadas. Sendo assim, a proposta de arranjo físico foi caracterizada como arranjo físico por processo. O tipo de arranjo físico proposto é compatível com o tipo de sistema produtivo do processo, caracterizado como produção em lote. Essa compatibilidade permite alta flexibilidade de mix e produto, e criação de departamentos com as operações do mesmo tipo feitas na mesma área.

4.3.2 LAYOUT

A empresa XY terá um novo local de produção, adquirindo duas edificações para eliminar o custo fixo relativo ao aluguel. Sendo assim, o processo de remanufatura de rolos de impressoras será separado dos processos de usinagem, caldeiraria leve e reforma e manutenção de equipamentos industriais, que a empresa também realiza. A nova edificação exclusiva para a remanufatura de rolos de impressora possui uma área total de 394m². Com

base nos estudos bibliográficos apresentados, foi realizada a proposta de um novo arranjo físico, usando os três princípios básicos de Moore (1962): princípio da integração, princípio da mínima distância, princípio de obediência ao fluxo de operações.

Os seguintes processos foram analisados e classificados como pontos críticos para sistema produtivo: medição, jateamento das pontas e perfil e metalização das pontas e perfil, pois são processos realizados mais de uma vez. Outras etapas que necessitam de cuidado especial são: aplicação de primer, aplicação de politetrafluoretileno e estufas.

Jateamento das pontas, jateamento de perfil 1, jateamento de perfil 2 e metalização das pontas, e metalização do perfil, representados pelas letras E/K/O e F/L, respectivamente: foram alocados próximos ao compressor para que houvesse redução no custo de instalação de tubos de alta pressão. Metalização das pontas e metalização do perfil, representado pelas letras F e L: o metalizador foi colocado próximo ao jateamento por ser o processo seguinte a este, reduzindo a movimentação entre os postos.

Medição das pontas e medição do perfil, representados pelas letras D e H: a mesa de medição foi alocada no centro da planta porque é um equipamento utilizado duas vezes no processo. Também está próxima aos postos de usinagem, limpeza e jateamento, facilitando o fluxo de operações e reduzindo a distância percorrida. Aplicação de primer, aplicação de politetrafluoretileno e estufas, representados pelas letras Q, R, S, respectivamente: precisam ser realizados em um local livre de partículas, reservado e fechado, para que não ocorra contaminação das peças e não afete a qualidade do produto. Caso aconteça a contaminação, todo o andamento do processo é prejudicado, e é gerado um retrabalho. Sendo assim, foram alocados separadamente em uma sala interna menor, protegida de uma possível contaminação dos outros processos.

Usinagem: retirado dois equipamentos (tornos) para aumento de espaço disponível, visto que esta operação pode ser realizada pelo mesmo equipamento dos processos I, J, N e U. Os outros processos foram alocados de forma a se obter a menor distância percorrida possível. A figura 8 mostra a proposta de layout para nova instalação da empresa XY.

4.3.4 DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Com base no novo layout da fábrica, foi simulado no CATIA® a medições do percurso durante a produção de um lote de rolos remanufaturados. A figura 7 representa o diagrama de espaguete, mostrando com as setas o percurso simulado na proposta de novo layout. A legenda está indicada na tabela 2. A tabela 3 mostra a medição das distâncias calculadas com base na simulação do caminho percorrido pelo operador entre os diversos processos na nova proposta de layout. A tabela apresenta a distância total de 170,8 metros, para a produção de um lote de rolos.

Tabela 3: Distância de ciclo para o layout proposto

Processos (De - Para)	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-K	K-L	L-M
Distância (m)	6	5	3	13	13,5	8	2,5	1	0	12	12,5	9,5
Processos (De - Para)	M-N	N-O	O-P	P-Q	Q-R	R-S	S-T	T-U	U-V	V-W	W-X	X-Y
Distância (m)	1	12	1	15,7	3	7,6	3,5	16	4	4	0	17

Fonte: Autores (2016)

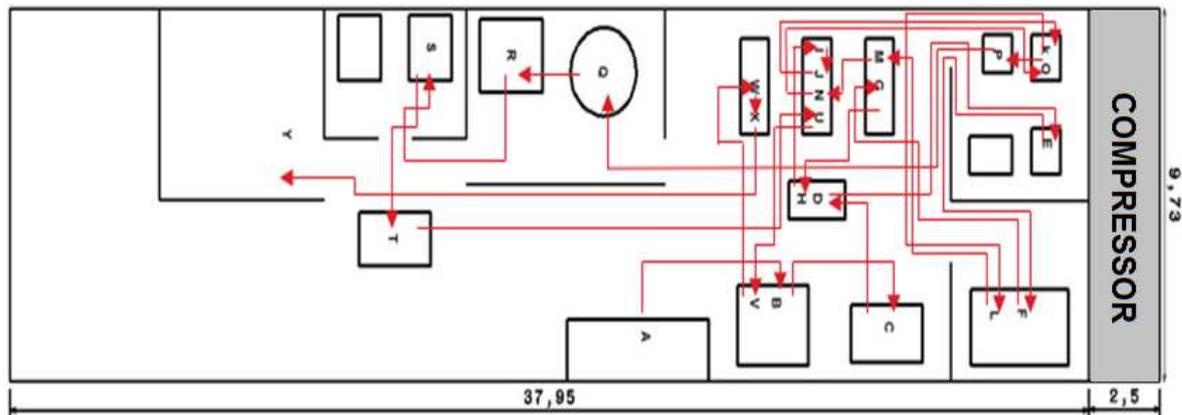


Figura 7: Layout proposto e Diagrama de espaguete.

Fonte: Autores (2016)

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 TIPO DE PROCESSO

Importante para melhor definir um arranjo físico é saber em qual tipo de sistema produtivo a produção se enquadra. De acordo com a demanda, tipo de produto e variabilidade, foi possível realizar um estudo para avaliação do tipo de processo. A proposta de mudança de layout não afetou na classificação do tipo de processo, isso porque ele teve que se manter com alta flexibilidade a variações de demanda, com operações que necessitam ser programadas à medida que as operações anteriores forem sendo realizadas e também emprega mão de obra polivalente, características que o classificam como sistema produtivo por lote.

5.2 TIPO DE ARRANJO FÍSICO

O antigo arranjo físico da empresa XY atendia a demanda, possibilitava o mix de produtos, e as peças se moviam de acordo com as operações, portanto foi classificado como de processo. Porém não era bem estruturado e necessitou de modificações para eliminar diversas movimentações desnecessárias durante o processo.

5.3 LAYOUT

Para elaboração da proposta do novo layout da empresa XY no processo de remanufatura de rolos de impressora, foi necessário observar que o espaço físico disponível para o layout novo é menor do que o layout antigo. Foram adquiridos dois novos galpões, e o menor deles, com apenas 393,6m², foi destinado apenas ao processo de remanufatura de rolos de impressora. O espaço exclusivo para o processo de remanufatura de rolos permitiu que o arranjo físico proposto pudesse ser rearranjado de forma mais linear obedecendo ao fluxo de operações, diminuindo as distâncias, retorno e cruzamentos, conforme os princípios apresentados por Moore (1962).

Com o estudo, verificou-se que no processo existem quatro (4) equipamentos de usinagem (máquinas de torno) que têm funcionamento ocioso. Isto ocorre porque cada equipamento realiza apenas uma etapa do processo, porém, cada máquina pode realizar todos os seguintes processos: G: Usinagem das pontas com diâmetro especificado, I: Rebaixamento do perfil, J: Lixamento do perfil, M: Usinagem do perfil, N: Lixamento do perfil e U: Polimento. O torno 1 realiza apenas o processo G, o torno 2, apenas o processo I, o torno 3, o processo M e o torno 4 os processos J, N e U. Sendo assim, devido a baixa demanda atual,

optou-se por reduzir dois tornos do processo, o torno 1 então passou a ser responsável pelos processos M e G, e o torno 2 os processos I, J, N e U. Com a redução de maquinário, eliminou-se a distância entre os processos de I para J e M para N, havendo a redução de 32,7 metros de movimentação desnecessária no processo.

5.4 DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Com base no estudo de Perry (2005), que calculou a velocidade média de marcha normal para mulheres e homens, com idade entre 18-49 e 50-64 anos (tabela 4), uma média contemplando mulheres e homens de 18-64 foi calculada.

Tabela 4: Velocidade da marcha para mulheres e homens

	Mulheres			Homens		
	Velocidade (m/s)			Velocidade (m/s)		
Idade	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
18-49	0,94	1,66	1,30	1,10	1,82	1,46
50-64	0,91	1,63	1,27	0,96	1,68	1,32
	Média (m/s)		1,29	Média (m/s)		1,39

Fonte: Adaptado de Perry (2005)

Considerando que se pode ter na empresa mão-de-obra feminina e masculina, com idades entre 18 e 64 anos, calculou-se a velocidade de marcha normal média:

$$\frac{\text{Média geral feminina} + \text{Média geral masculina}}{2} = \frac{1,29 + 1,39}{2} = 1,34$$

Para calcular o tempo para percorrer o processo, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Velocidade média} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \frac{\text{Distância percorrida (m)}}{\text{Tempo (s)}}$$

Considerando como velocidade média de marcha normal o valor de 1,34 m/s e as distâncias percorridas pelo funcionário, indicadas nos diagramas de espaguete, compararam-se os resultados obtidos (tabela 5):

Tabela 5 – Comparativo de redução de tempo e distância: layout atual x layout proposto

	Distância percorrida (m)	Tempo (s) para percorrer o processo
Layout atual	480,0	358,2
Layout proposto	170,8	127,5
Redução de:	309,2	230,7

Fonte: Autores (2016)

Com o reposicionamento de maquinário e organização do fluxo, houve uma redução de 309,2 metros na distância percorrida durante o processo e 230,7 segundos de deslocamento entre os postos de trabalho. A produtividade, com base no layout atual e no layout proposto, foi calculada com a seguinte equação:

$$P = \frac{\text{Quantidade de Produtos Produzidos}}{\text{Tempo Gasto Para Percorrer o Processo}}$$

Para um cenário de 25 itens produzidos (um lote), teremos os seguintes resultados:

Produtividade no Layout Atual - $\frac{25}{358,2} = 0,07$ Produto/Segundo

Produtividade no Layout Proposto - $\frac{25}{127,5} = 0,20$ Produto/Segundo

Portanto, com a implementação do layout proposto, haverá um ganho de produtividade de aproximadamente 185%.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou algumas ferramentas de representação de processo e de deslocamento, como diagrama de espaguete e fluxograma. Com o auxílio dessas ferramentas foi possível realizar uma proposta de arranjo físico seguindo os princípios de integração, de mínima distância e de obediência ao fluxo de operações.

O estudo apresentado possui potencial para futuras melhorias, como estudar o arranjo físico para os outros processos e também da área administrativa da empresa; compactar o layout proposto, de forma que toda a produção da empresa XY seja realizada no espaço físico estudado neste trabalho, incluindo todos os processos; terceirização de serviços de usinagem, caldeiraria leve, reforma e manutenção de equipamentos industriais e remanufatura de rolos de impressora; realizar um estudo de tempos e movimentos para padronizar as atividades, a fim de criar uma instrução de serviço para cada processo e assim, possibilitar uma melhor ergonomia dos funcionários.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVICHIOLO, A. et al.** Adequação da produção de serviços terceirizados de uma confecção: Um Estudo de Caso. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2014.
- COSTA, R. S. P.** Fluxo de Informação e Materiais. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Porto, Portugal, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_223_27848.pdf>. Acessado em: 13 maio 2016.
- FALOPPA, F; ALBERTONI, WM.** Ortopedia e Traumatologia. Editora Manole, 2008.
- FAVERI, F.** Identificação dos desperdícios de um serviço de emergência com a utilização da metodologia Lean Thinking. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Mestrado profissional em Enfermagem. Porto Alegre, 2013
- FERNANDES, J.** Semiologia Ortopédica Pericial. 19º Congresso Brasileiro de Perícias Médicas. Gramado, RS, 2011.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G.** Administração da produção e operações. 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- MARTINS, H.A.** Práticas de melhoria de manufatura com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda: Aplicação na indústria de vestuário de moda. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013
- MOORE, J.** Plant layout and design. Prentice Hall, 1962.
- MUTHER, R.** Planejamento do Layout: Sistemas SLP, São Paulo, Edgard Blücher, 1976.
- PERRY, J.** Análise de Marcha: Marcha Normal. São Paulo: Manole, 2005.
- SILVA, E.** Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação, 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** Administração da produção. 3. ed. – São Paulo: Atlas, 2009
- TUBINO, D. F.** Planejamento e controle da produção: Teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007
- VIEIRA, A.** Manual de Layout (Arranjo Físico). Rio Janeiro: CNI Departamento de assistência à média e pequena indústria, 1976. 58 p.