



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

CARLOS AUGUSTO FIRMEZA GUABIRABA FILHO

**PROPOSTA DE REARRANJO FÍSICO BASEADA NO MÉTODO ROC EM UMA
CONFECÇÃO DE PEQUENO PORTE**

Fortaleza
2013

CARLOS AUGUSTO FIRMEZA GUABIRABA FILHO

PROPOSTA DE REARRANJO FÍSICO BASEADA NO MÉTODO ROC EM UMA
CONFECÇÃO DE PEQUENO PORTE

Trabalho Final de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de Produção
Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Anselmo R. Pitombeira
Neto

Fortaleza

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G1p Guabiraba Filho, Carlos Augusto Firmeza.
Proposta de rearranjo físico baseada no método ROC em uma confecção de pequeno porte / Carlos Augusto Firmeza Guabiraba Filho. – 2013.
63 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2013.
Orientação: Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto.
1. Rearranjo físico. 2. Método ROC. 3. Células de produção. I. Título.

CDD 658.5

CARLOS AUGUSTO FIRMEZA GUABIRABA FILHO

PROPOSTA DE REARRANJO FÍSICO BASEADA NO MÉTODO ROC EM UMA
CONFECCÃO DE PEQUENO PORTE

Trabalho Final de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de Produção
Mecânica.

Aprovado em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto, Me. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes, Me.
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Phd.
Universidade Federal do Ceará – UFC

AGRADECIMENTOS

A meus pais que me deram amor, educação e dedicação possibilitando o meu desenvolvimento.

A Sérgio Guabiraba, Martha Gonçalves, João Nilton e Catarina Laboré por todo o apoio oferecido para a realização deste trabalho.

A minha companheira por me fazer sentir completo.

Ao professor Anselmo Ramalho Pitombeira Neto por ter sido bastante solícito durante toda a elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos que de alguma maneira fazem parte da minha vida.

“A simplicidade é o último degrau da sabedoria”

Khalil Gibran.

RESUMO

Este trabalho consiste em aplicar o método matemático *Rank Order Clustering* (ROC) para propor a elaboração de células de produção no setor de costura de uma confecção de pequeno porte e reduzir as distâncias entre os processos do sistema produtivo, através de um rearranjo físico. O estudo iniciou-se com a realização de uma revisão bibliográfica sobre os temas de produção enxuta, desperdícios fabris e arranjo físico. A partir de então, foram identificadas as seis etapas que compõem a metodologia do estudo, onde depois de identificadas, no estudo de caso, foram aplicadas em uma empresa que pertence ao segmento de confecção da indústria têxtil. Como resultado da aplicação do método matemático, obteve-se a elaboração de quatro células de produção, onde cada célula foi atrelada a uma família de produto, porém observou-se que devido o alto nível de similaridade existente entre os produtos fabricados, uma parcela dos mesmos necessariamente teriam que passar por mais de uma célula para a sua transformação, caracterizando o *layout* celular proposto para o processo de costura como híbrido. Dando sequência ao estudo de caso, foi proposto um rearranjo dos processos produtivos existentes, onde através do uso de diagramas de espaguete pôde-se observar a simplificação do fluxo produtivo e a redução no transporte de material. Conclui-se, portanto, que mesmo o *layout* celular apresentando caráter híbrido, em relação a redução de desperdícios fabris, a proposta de formular células de produção, neste tipo de processo, é válida.

Palavras-chave: Rearranjo físico, Células de produção, Método ROC.

ABSTRACT

This work is to apply the mathematical method Clustering Rank Order (ROC) to propose the development of cell production in the sewing sector of a small textile manufacture company and reduce the distances between the processes of the production system, including sewing through a physical rearrangement. The study started with conducting a literature review on the topics of lean production, manufacturing waste and physical arrangement. Since then, was identified six steps that comprise the study methodology, where after identified in the case study were applied to a company that belongs to the segment of the textile manufacture. As a result of applying the mathematical method was obtained in elaboration of four production cells, where each cell is linked to a product family, but found that due to the high degree of similarity existing among the manufactured products necessarily have to pass through more than one cell for transformation, characterizing the cellular layout proposed for the sewing process as a hybrid. Giving sequence to the case study, was proposed a rearrangement of existing production processes, where by using spaghetti diagrams could observe simplification of production flow and reducing the transport of material. It is concluded, therefore, that even the layout presenting cell hybrid character, for manufacturing waste reduction, the proposed formulating production cells, in this type of process is valid.

Keywords: Physical rearrangement, production cells, ROC method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os sete tipos de desperdícios	17
Figura 2 - Desperdícios de estoque em processo	20
Figura 3 - Transporte excessivo ao longo da fábrica.....	21
Figura 4 - Características básicas dos sistemas produtivos	23
Figura 5 - A decisão de arranjos físicos	23
Figura 6 - Exemplo de layout por processo.....	27
Figura 7 - Exemplo de layout por produto	28
Figura 8 - Exemplo de layout posicional.....	29
Figura 9 - Exemplo de arranjo físico celular em formato de "U".....	30
Figura 10 - Exemplo de matriz peça x máquina.....	32
Figura 11 - Matriz peça x máquina inicial	33
Figura 12 - Matriz peça x máquina após o rearranjo das linhas e das colunas.....	34
Figura 13 - Diagrama de espaguete.....	34
Figura 14 - Fluxograma do sistema produtivo	38
Figura 15 - Layout atual do processo de costura.....	40
Figura 16 - Desperdício de estoque em processo na empresa em estudo.....	40
Figura 17 - Gráfico de desempenho do processo de costura	43
Figura 18 - Matriz produtos x operações.....	46
Figura 19 - Matriz produtos x operações sem operações da célula comum	47
Figura 20 - Matriz produtos x operações após o primeiro rearranjo das linhas	48
Figura 21 - Matriz produtos x operações após aplicação do método	49
Figura 22 - Movimentações medidas dentro de cada grupo.....	52
Figura 23 - Diagrama de espaguete atual para modelos com bordado.....	53
Figura 24 - Diagrama de espaguete atual para modelos com estampa.....	54
Figura 25 - Layout celular proposto para processo de costura	55
Figura 26 - Movimentação média do processo de costura com arranjo celular	57
Figura 27 - Diagrama de espaguete futuro para modelos com bordado.....	58
Figura 28 - Diagrama de espaguete futuro para modelos com estampa.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens x desvantagens do arranjo por processo.....	27
Quadro 2 - Vantagens x desvantagens do arranjo celular	31
Quadro 3 - Máquinas x operações.....	39
Quadro 4 - Documentos de controle.....	42
Quadro 5 - Dados identificados no relatório de eficiência.....	42
Quadro 6 - Referências produzidas	43
Quadro 7 - Dados identificados no fluxo operacional.....	44
Quadro 8 - Dados identificados no relatório de operações.....	44
Quadro 9 - Resumo das células de produção formadas.....	50
Quadro 10 - Movimentação média dentro do processo de costura layout atual.....	52
Quadro 11 - Quantitativo de máquinas por células de produção.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Definição e justificativa do problema abordado	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	13
1.3	Metodologia	13
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Sistema Toyota de produção	15
2.2	Sistema de produção enxuta	16
2.3	Os sete desperdícios	17
2.3.1	Desperdício de processo em si	17
2.3.2	Desperdício de tempo de espera	18
2.3.3	Desperdício de movimentação	18
2.3.4	Desperdício de superprodução	19
2.3.5	Desperdício de estoque	19
2.3.6	Desperdício de transporte	20
2.3.7	Desperdício de produtos defeituosos	21
2.4	Arranjo físico	21
2.5	Tipos de processo	24
2.5.1	Contínuo	24
2.5.2	Em massa	24
2.5.3	Por projeto	25
2.5.4	<i>Jobbing</i>	25
2.5.5	Em lotes	26
2.6	Tipos de arranjo físico	26
2.6.1	Por processo ou funcional	26
2.6.2	Por produto	28
2.6.3	Posicional ou de posição fixa	28

2.6.4 Celular	29
2.7 Tecnologia de grupo	31
2.7.1 Matriz peça – máquina	31
2.7.2 Algoritmo <i>Rank Order Clustering</i> (ROC)	32
2.8 Diagrama de espaguete	34
3 ESTUDO DE CASO	35
3.1 Metodologia do estudo de caso	35
3.2 Elaboração do estudo de caso	36
3.2.1 Caracterização da empresa	36
3.2.2 Descrição do processo em estudo	37
3.2.3 Levantamento de dados do processo	41
3.2.4 Formação de células de produção.....	45
3.2.5 Mensuração das distâncias percorridas.....	50
3.2.6 Rearranjo físico.....	54
3.3 Considerações finais	59
4 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição e justificativa do problema abordado

Apesar de a indústria têxtil e de confecção ter uma grande participação na economia brasileira, segundo dados do ano 2012 da ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil), no acumulado do primeiro semestre daquele ano, o segmento de vestuário apresentou uma queda de produção de 12,04% enquanto que o segmento de têxtil 6,1% em relação ao mesmo período do ano anterior, o que não condiz com o varejo de produtos industrializados nesses segmentos que apresentou um crescimento de 1,79% indicando, assim, a existência de uma desarmonia entre produção e varejo do setor, o que pode ser explicado com a invasão dos produtos asiáticos no Brasil. A entrada de mercadorias oriundas de países asiáticos, em especial a China, está gerando um desconforto no setor, pois a mão de obra direta mais barata e as cargas tributárias mais cômodas tornam os asiáticos mais competitivos e conseqüentemente ganhadores de pedidos.

Estando entre os maiores polos da indústria têxtil e de confecção do Brasil, o Estado do Ceará, no ano de 2009, conforme estudo realizado pelo Projeto Nordeste Competitivo no ano de 2012, foi responsável por 69% da produção da região nordeste do país, evidenciando a importância do Estado para o setor e a necessidade da manutenção da competitividade nas organizações que operam no Estado. Segundo Germano Maia, presidente do sindicato da indústria de fiação e tecelagem do Ceará, em entrevista concedida ao jornal diário do nordeste no dia 30/10/12, o setor tem investido em tecnologia com a intenção de se tornar mais competitivo, porém não tem sido o bastante e vem passando por dificuldades desde 2009.

Desta realidade, além da necessidade do apoio do governo brasileiro, surge a necessidade de melhorias internas nos sistemas produtivos das organizações afetadas a fim de reduzir custos, aumentar a eficiência e possuir mão de obra mais qualificada e polivalente para, conseqüentemente, se tornarem mais competitivas.

Em paralelo com os processos implementados para transformar a matéria prima em produto acabado, faz-se necessário o acompanhamento do desempenho dos mesmos através de indicadores, em que os objetivos principais são: certificar que a organização e os seus subsistemas estão operando com uma configuração suficiente para alcançar os resultados

planejados e possibilitar ver com mais clareza os pontos onde existe a necessidade de serem aplicadas práticas de melhorias contínuas.

Na confecção de vestuário, assim como em outros sistemas produtivos, existem ações que não agregam valor ao produto e que representam custo para a empresa, essas ações podem ser tratadas como desperdícios e devem, sempre que possível, serem eliminadas ou ao menos reduzidas. Esses desperdícios, além de ocultar problemas inerentes ao sistema produtivo, afetam o desempenho do mesmo, o que pode ser notado através de uma comparação dos indicadores antes e depois de ações de melhorias a serem tomadas.

O problema, deste modo, pode ser definido como: Dado um sistema de pequeno porte do segmento de confecção localizado no estado do Ceará, visando tornar o sistema mais enxuto e mais competitivo, como reduzir os desperdícios com transporte de matéria prima, tempos de espera e estoques em processamento?

Como forma de auxílio, a utilização de procedimentos, ferramentas e técnicas, servem para validar estudos que podem trazer informações úteis e coerentes sobre o sistema. Nestas considerações, o estudo de rearranjo de layout tem, como um de seus objetivos, sugerir alternativas de disposição dos postos de trabalho e processos, visando, entre outros aspectos, a redução de desperdícios que não agregam valor ao produto. Portanto, este trabalho se restringe em mostrar uma opção de layout, levando em consideração o espaço físico do local, que viabilize a organização operar com um melhor desempenho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor alternativa de layout a fim de identificar uma configuração que possua um melhor desempenho em relação aos desperdícios com transporte de matéria prima, tempo de espera e estoque em processo em uma confecção de pequeno porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar dados necessários para elaboração de células de produção no processo de costura;
- Elaborar células de produção para o processo de costura;
- Reduzir as distâncias existentes entre os processos produtivos da fábrica.

1.3 Metodologia

O método de estudo de caso é o utilizado no presente trabalho, onde o mesmo se organiza, primeiramente, em realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos abordados no estudo, para que seja possível fundamentar os conceitos necessários e conseqüentemente definir, com embasamento, as etapas do estudo.

No estudo de caso, inicialmente, através de informações qualitativas, buscou-se observar o comportamento organizacional da empresa e do processo em estudo. Todas as características relevantes ligadas ao processo em estudo foram registradas e utilizadas para a compreensão dos dados coletados durante o estudo.

Para a coleta de dados, por meio do sistema gerencial da empresa, realizou-se uma pesquisa documental, em que se contou com a experiência de colaboradores da empresa para uma filtragem das diversas informações encontradas.

O estudo de caso está dividido em: caracterização da empresa, descrição do processo em estudo, levantamento de dados do processo, formação de células de produção, mensuração das distâncias percorridas e rearranjo físico.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está separado em quatro capítulos, incluindo esta introdução. No Capítulo 2, será abordada a fundamentação teórica do trabalho, na qual os conceitos necessários para a compreensão dos assuntos e das ferramentas envolvidos no estudo serão explanados. Manufatura enxuta, desperdícios fabris e arranjos físicos são os principais temas que serão abordados neste capítulo.

No Capítulo 3, será apresentando a metodologia do trabalho e o estudo de caso propriamente dito. É nesse momento que as etapas do estudo de caso, bem como os procedimentos tomados para se atingir os objetivos (geral e específicos) serão descritos. Também faz parte deste capítulo as considerações finais sobre o estudo de caso e os resultados obtidos através dos procedimentos tomados.

Enfim, no Capítulo 4 serão apresentadas as conclusões do estudo. Nesse momento as limitações do trabalho serão expostas bem como sugestões para realização de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica necessária para a compreensão do problema em estudo e das intenções do presente trabalho, onde o esclarecimento de que produção enxuta, desperdícios fabris e projeto de layout são assuntos subsequentes, pois apresentam ligação entre si, será a base para tal compreensão. Também será objetivo deste capítulo fundamentar as ferramentas utilizadas para lograr os objetivos do trabalho.

2.1 Sistema Toyota de Produção

O momento posterior à segunda guerra mundial trouxe grandes mudanças nas indústrias daquela época e com a *Toyota Motor Company* não foi diferente. A necessidade de aumentar a produtividade e reconstruir a empresa era evidente, porém as condições econômicas do Japão naquele momento estavam abaladas por consequência da guerra. Segundo Moura (1999), quando as metas de produção mensal finalmente eram atingidas, os automóveis não podiam ser vendidos, pois a população não tinha o poder de compra e como consequência a Toyota passou por uma crise, que no entanto não foi o suficiente para frustrar as ambições da empresa.

Para não restringir o poder de compra, a Toyota precisou produzir automóveis diferenciados através de uma produção diversificada e em pequena quantidade.

Ainda de acordo com Moura (1999, p.3),

Embora já houvessem sido desenvolvidos nos E.U.A. métodos para produção em massa de um único modelo a baixo custo – o sistema Ford – a Toyota não podia adotar esse sistema e teve que desenvolver um sistema próprio para produzir veículos a baixo custo, com a mesma qualidade dos carros europeus e americanos, aumentando a produtividade mais de oito vezes. Do contrário, a indústria automobilística japonesa não conseguiria sobreviver. Portanto, a única possibilidade de sobrevivência nesta indústria era desenvolver um sistema único de produção por eles mesmos da Toyota.

Com o passar dos anos o sistema Toyota de produção tornou-se um ícone em produção enxuta para indústrias de vários países do mundo e vem sendo utilizado como modelo em escolas de engenharia, porém mesmo com toda a sua difusão, ainda existem algumas confusões na hora de definir o sistema. Segundo Shingo (1996), a maior parte das pessoas quando são indagadas a respeito do sistema, respondem que o mesmo trata-se de aplicações de técnicas como o *Kanban* e que poucos são aqueles que de fato compreendem que o sistema Toyota de produção é um

sistema que visa a eliminação total das perdas. Ainda segundo Shingo (1996), 80% do sistema Toyota de produção corresponde a eliminação das perdas fabris, enquanto que 15% representa um sistema de produção de fato e apenas 5% de *Kanban*.

2.2 Sistema de produção enxuta

Segundo Silva e Rentes (2002, p. 3), “o termo produção enxuta foi criado no início da década de 90 para nomear o ‘*thinking process*’ de Taichi Ohno e o conjuntos de métodos que descreveram o sistema Toyota de produção”.

Um dos princípios da mentalidade enxuta que vem sendo disseminado nas organizações manufatureiras e prestadoras de serviço é a identificação das ações que agregam e não agregam valor ao produto, onde aquelas que não agregam valor podem ser consideradas como desperdícios fabris e devem ser eliminadas ou passar por um processo de melhoria. A seguir serão expostos pontos de vista de diferentes autores sobre a produção enxuta.

Silva (2009) *apud* Warnecke e Huser (1995), observa que o sistema de produção enxuta pode ser descrito como um sistema de medidas e métodos, em que quando utilizados em conjunto, têm o potencial de tornar a empresa enxuta e conseqüentemente mais competitiva.

Já Slack *et al.* (2006), afirma que a produção enxuta tem como objetivo aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios viabilizando uma produção eficaz em termos de custo, onde os recursos transformadores serão utilizados da maneira mais eficiente possível.

Para Gonçalves e Tiberti (2006), em sistemas de manufatura, pode ser considerado como comum constatar sete tipos de perdas, onde as mesmas foram identificadas por Ohno no ano de 1988, são elas: excesso de estoque, superprodução, excesso de transporte, tempos de espera, processos desnecessários, produtos fabricados com defeitos e movimentos. Os autores observam ainda que boa parte desses desperdícios podem ser consequência de um arranjo físico inadequado o que evidencia a importância de um projeto de *layout* bem definido antes da implementação dos processos para que a organização minimize tais desperdícios e produza de maneira mais enxuta.

2.3 Os sete desperdícios

Devido o ambiente de competitividade instalado após o processo de globalização, as organizações passaram a ter um foco cada vez maior com a contínua dedicação em melhorar os seus processos, pois a falta de eficiência já não pode ser passada para os clientes já que os mesmos se tornaram mais exigentes.

Segundo Paranhos (2007), o tempo despendido por um operador em atividades que não agregam valor pode chegar a 95% do tempo em que o mesmo permanece na empresa, o que pode servir para demonstrar a existência de oportunidades de redução de desperdícios. A figura 1 ilustra os sete desperdícios identificados por Ohno, onde os mesmos serão descritos a seguir.

Figura 1 - Os sete tipos de desperdícios



Fonte: Xavier (2011)

2.3.1 Desperdício de processo em si

Os desperdícios por processamento podem ser considerados como “fontes significativas de perdas de produtividade que geram altos custos de processamento. Essas perdas estão ligadas

às atividades de processamento e de montagem realizadas desnecessariamente para que o produto atinja as especificações e as características finais de projeto” (LUIZ, 2008, p.66).

Corrêa e Giansesi (1996) observam que, são muitos os gestores que se preocupam em realizar de maneira rápida os processos existentes na fábrica sem saber se de fato aquele processo realmente é necessário para a transformação do produto e salientam que perguntas como “será que isso é realmente necessário?”, “Será que esse componente deve ser feito?”, “o componente possui alguma função no produto?” devem ser realizadas com frequência com o intuito de trazer melhorias nesse aspecto, assim como, análises de valor e metodologias de engenharia.

2.3.2 Desperdício de tempo de espera

Luiz (2008, p.63) define que, “esse tipo de perda está relacionado ao material que foi adquirido e fica esperando, aguardando o momento da produção. Quanto ao material já processado, este também fica parado, aguardando a disponibilidade de máquina para a finalização de seu processamento”.

De acordo com Slack *et al.*(2006), grande parte das organizações já têm o conhecimento de que a espera não agrega valor ao produto e que pode ser entendida como um desperdício, onde as medidas mais comuns para a mensuração desse desperdício são os indicadores de eficiência das máquinas e da mão-de-obra, pois indicam o tempo que ambos efetivamente estão produzindo.

Ainda de acordo com Luiz (2008), o descompasso entre o tamanho dos lotes e demanda, a ausência de sincronização na produção, arranjo físico inadequado e gargalos de produção podem ser considerados como as principais causas desse desperdício e para tentar solucionar ou amenizar essas causas a teoria das restrições, rearranjo físico, lote econômico de produção e uma cronoanálise podem ser o caminho.

2.3.3 Desperdício de movimentação

Sempre que o tempo gasto para realizar o movimento não agregar valor ao produto, o movimento será considerado como um desperdício. Conforme observa Paranhos (2007, p.181), “um fator importante a ser lembrado é que o movimento não é necessariamente igual a trabalho,

ou seja, se um operador está andando a procura de uma ferramenta, ele está se movimentando, mas não está executando nenhum trabalho, e sim ocasionando custo ao produto”.

O autor afirma ainda que com base nessa observação, os engenheiros responsáveis pelo controle da produção devem buscar manter os operadores executando o máximo de ações diretamente relacionadas ao produto a fim de reduzir a probabilidade da existência de movimentos inúteis para a transformação do produto.

2.3.4 Desperdício de superprodução

A superprodução reproduz um elevado custo com ações que não agregam valor ao produto e pode ser vista como “uma das maiores fontes geradoras de desperdícios e de desordem para uma organização, visto que ajuda a esconder vários tipos de falhas organizacionais e operacionais que resultam em perdas de produtividade e eficiência” (LUIZ, 2008, p.62).

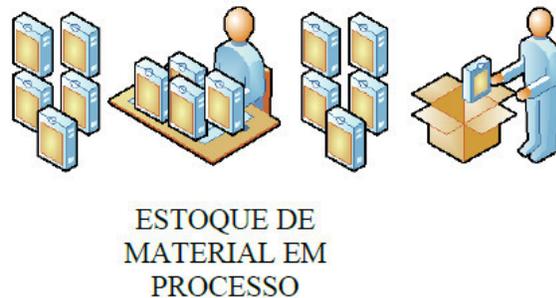
Segundo Corrêa e Gianesi (1996), a filosofia JIT (*Just-in-time*) vê esse desperdício como um costume de se produzir antecipadamente em relação a demanda, onde problemas com os gargalos produtivos, baixa qualidade e confiabilidade dos recursos transformadores e problemas com layouts inadequados são alguns dos causadores dessa produção antecipada e acima do necessário.

2.3.5 Desperdício de estoque

Esse desperdício é devido à existência de um elevado nível de material em estoque, onde esse excesso “ocasiona desperdícios por compra adiantada, uma vez que a empresa tem custo antecipado para a movimentação, a estocagem, a organização e a manutenção do estoque, o levantamento de dados, o controle e a obsolescência de materiais e componentes” (PARANHOS, 2007, p.181).

Corrêa e Gianesi (1996), afirmam que para reduzir os desperdícios de estoque devem-se eliminar as causas que geram a existência da necessidade de manter o estoque e sinalizam que tentativas de redução de *setup*, sincronização dos fluxos de trabalho e redução na flutuação da demanda são meios que viabilizam lograr tal redução. A figura 2 ilustra um tipo de estoque típico de empresas que possuem um arranjo físico inadequado.

Figura 2 - Desperdícios de estoque em processo



Fonte: Silva (2009)

2.3.6 Desperdício de transporte

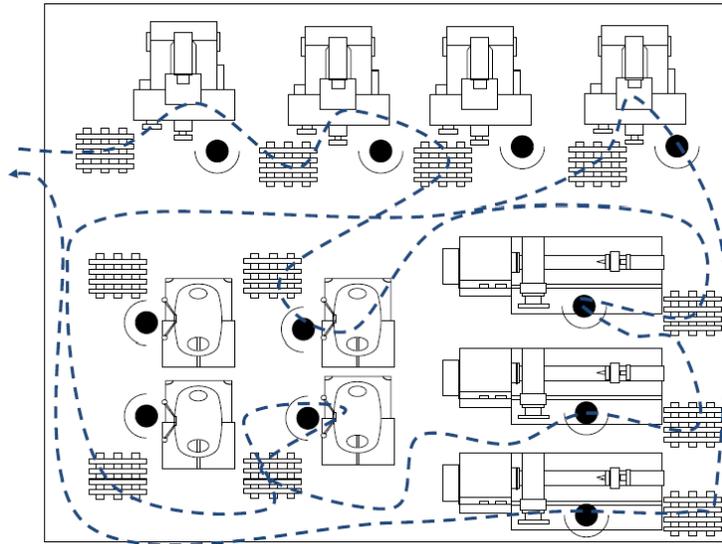
Conforme Luiz (2008, p.65), o transporte deve ser visto como uma ação que não agrega valor ao produto, onde “as perdas por transporte relacionam-se a todas as atividades de movimentação de materiais ao longo do processo: envolvem desde a etapa de recebimento e de produção até a de expedição”.

Slack *et al.* (1996, p.479) afirma que,

Embora o transporte claramente não agregue valor ao produto, as empresas normalmente aceitam esta atividade em seu processo como um ‘dato’. A movimentação de materiais dentro da fábrica, assim como a dupla ou tripla movimentação do estoque em processo entre vários pontos de estocagem, pode tornar-se parte da prática padrão.

Para a transformação do produto nota-se a necessidade da existência do transporte o que o caracteriza como um desperdício inevitável dentro das organizações, porém tal desperdício pode ser reduzido se medidas forem tomadas para isso. Ainda segundo Slack *et al.* (1996), realizar um rearranjo físico tornando os centros de trabalho mais próximos entre si aprimoraria os métodos utilizados para realizar o transporte e a organização no local de trabalho o que conseqüentemente ajudaria da redução do desperdício. A figura 3 ilustra o excesso de transporte necessário para que ocorra a transformação do produto o que também é característico de arranjos físicos inadequados.

Figura 3 - Transporte excessivo ao longo da fábrica



Fonte: Silva (2009)

2.3.7 Desperdício de produtos defeituosos

Esse desperdício pode ser definido como “produtos que não atendem às características e especificações de qualidade requeridas pelo projeto do produto, e constituem em refugos, retrabalhos ou itens suspeitos” (LUIZ, 2008, p.68).

Ainda de acordo com Luiz (2008), Realizar inspeções do tipo por julgamento e informativas, são maneiras de reduzir esse desperdício, onde detectar a qualidade do produto em pontos específicos do processo sem eliminar a causa raiz e parar a etapa do processo até que a causa raiz seja identificada são características dessas inspeções respectivamente.

2.4 Arranjo físico

O arranjo físico pode ser definido como "a maneira segundo a qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma operação" (CORRÊA, H.; CORRÊA, C., 2011, p.407).

Segundo Borba (1998), a integração dos elementos (diretos e indiretos) ligados à produção, redução das distâncias, atendimento dos fluxos operacionais, aperfeiçoamento dos espaços, segurança e flexibilidade são princípios que devem ser levados em consideração para

que seja possível a implementação de um bom arranjo físico, no entanto sabe-se que não existe um determinado arranjo físico que viabilize a operação possuir níveis de excelência em todos esses princípios simultaneamente.

Através do arranjo físico pode-se observar e entender como a matéria prima flui dentro do centro de trabalho para ser transformada, onde qualquer alteração na disposição dos recursos, mesmo que pequena, pode significar aumento ou diminuição dos custos, eficácia e eficiência. Por isso "o objetivo primordial das decisões sobre arranjo físico é, acima de tudo, apoiar a estratégia competitiva da operação, significando isso que deve haver um alinhamento entre as características do arranjo físico escolhido e as prioridades competitivas da organização" (CORRÊA, H.; CORRÊA, C., 2011, p.407).

Conforme Slack *et al.* (2006), o procedimento para decisão de arranjo físico é importante, pois o arranjo físico é normalmente uma tarefa complexa e de longa duração, onde o re-arranjo físico da operação pode comprometer o andamento da mesma resultando em uma indesejável insatisfação do cliente e desperdícios que muitas vezes não são percebidos, porém que influenciam diretamente na competitividade da organização.

Ainda segundo o autor, o procedimento para elaboração do projeto de arranjo físico pode ser dividido em três etapas:

- Selecionar o tipo de processo;
- Selecionar o arranjo físico básico;
- Selecionar o projeto detalhado de arranjo físico.

Através da figura 4 percebe-se que para a escolha do tipo de processo, além de outros pontos, deve-se levar em consideração o volume de produção e a variedade de produtos a serem produzidos, onde “quanto mais importante for o objetivo custo para a operação, mais provável será que ela adote um tipo de processo próximo ao extremo alto volume – baixa variedade” (SLACK *et al.*, 2006, p.162).

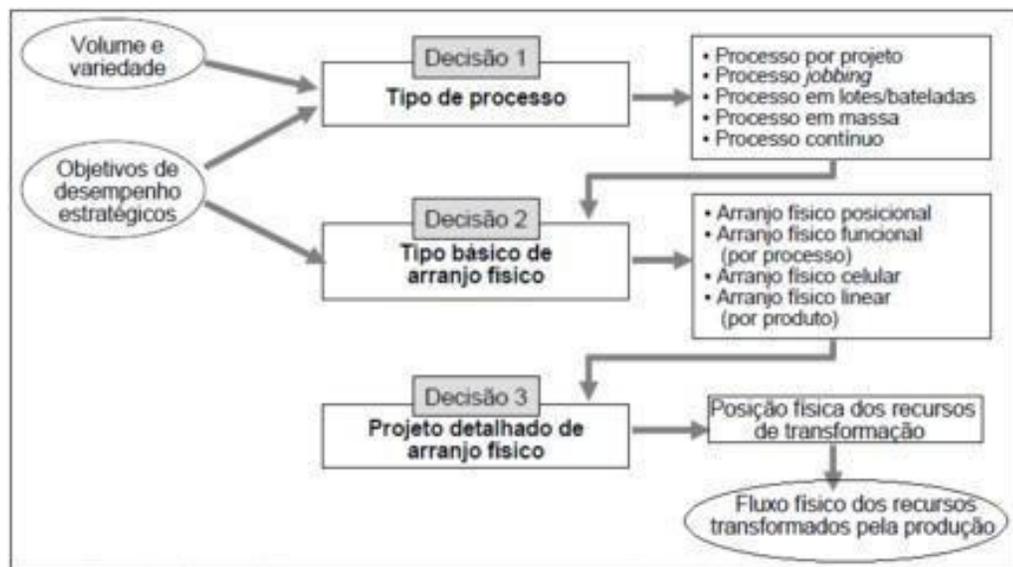
Figura 4 - Características básicas dos sistemas produtivos



Fonte: Tubino (2007)

Como consequência natural, vem a necessidade de ser adotado, mesmo que a um nível básico, qual o arranjo físico a ser utilizado para posteriormente, no detalhamento do projeto, serem definidas as posições exatas de cada recurso. Através da figura 5 é possível observar as etapas que compõem o projeto de arranjo físico.

Figura 5 - A decisão de arranjos físicos



Fonte: Slack *et al.*, (2006)

2.5 Tipos de processo

2.5.1 Contínuo

Segundo Tubino (2007), esse tipo de processo é utilizado na existência de uma elevada uniformidade na produção e na demanda, tornando os produtos e os processos produtivos necessários para a fabricação dos mesmos interdependentes, o que cria um favorecimento a existência da automatização do processo.

O processo contínuo é assim chamado porque não é possível identificar e separar dentro da produção uma unidade do produto das demais unidades que estão sendo produzidas de maneira clara e rápida e possui como importante característica a falta de participação humana na transformação dos produtos.

Slack *et al.* (2006, p.107) afirma que os processos contínuos “Às vezes são literalmente contínuos no sentido de que os produtos são inseparáveis, sendo produzidos em um fluxo ininterrupto” e que “também podem ser contínuos pelo fato de a operação ter que suprir os produtos sem uma parada”.

De acordo com Tubino (2009), por conta da automatização existente nesse tipo de processo, a flexibilidade em relação ao produto é baixa, fazendo-se necessário um alto investimento para a realização de mudanças, porém, também por conta da automatização, o lead time produtivo pode ser considerado baixo. Em termos de custos de produção a mescla dessas características permite que os mesmos cheguem a níveis baixos, pois os recursos produtivos são carregados corretamente diluindo os altos custos fixos.

Energia elétrica e petróleo são exemplos de produtos que são fabricados em sistemas produtivos que apresentam essa característica.

2.5.2 Em massa

Conforme Tubino (2007), a produção em massa é semelhante a produção contínua, pois é empregada quando busca-se produzir, em grande escala, produtos padronizados, porém sem condições de serem transformados de maneira automatizada em processos contínuos, onde o

motivo que não viabiliza essa automatização é o fato de existir a necessidade da participação de mão-de-obra para transforma-los.

O autor observa ainda que, geralmente, os produtos que são produzidos em organizações que operam com produção em massa, possuem uma demanda estável fazendo com que os projetos sofram poucas alterações em curto prazo o que possibilita a existência de um arranjo físico especializado (por produto) e com pouca flexibilidade, onde a variação entre os produtos acontece apenas na etapa de acabamento final. Como exemplo de produtos que pertencem a essa realidade tem-se: Automóveis, eletrodomésticos, refrigerantes e cerveja.

2.5.3 Por projeto

Os processos de projeto podem ser definidos como “os que lidam com produtos discretos, usualmente bastante customizados” onde “com muita frequência, o período de tempo para fazer o produto ou serviço é relativamente longo como é o intervalo entre a conclusão de cada produto ou serviço” (SLACK *et al.* 2006, p.105).

Por conta da customização esse tipo de processo apresenta como características principais o baixo volume de produção e a alta variedade de produtos a serem produzidos, onde “as atividades envolvidas da execução do produto podem ser maldefinidas e incertas, às vezes modificando-se durante o próprio processo de produção” (SLACK *et al.* 2006, p.105).

2.5.4 Jobbing

Corrêa, H e Corrêa, C.(2011, p.335) definem processo do tipo *jobbing* como,

Produção de pequenos lotes, de uma grande variedade de produtos, com variados roteiros de fabricação, em geral associados com arranjos físicos funcionais nos quais os equipamentos são agrupados por função para permitir que os fluxos percorram qualquer roteiro que seja eventualmente necessário.

Segundo Slack *et al.* (2006), esse tipo de processo também tem como características os baixos volumes de produção e a alta variedade de produtos, onde os produtos que serão fabricados deverão compartilhar os recursos entre si. Como exemplo de produtos ou serviços que

saem através desse tipo de processo pode-se citar: Móveis por encomenda, ingressos para eventos sociais como *shows* e peças de teatro e máquinas especiais.

2.5.5 Em lotes

Corrêa, H. e Corrêa, C. (2011) observam que, o processo em lotes pode ser considerado como similar ao processo por *jobbing* no sentido de que o arranjo físico que deve ser adotado nesse caso também é o funcional por conta dos altos níveis de flexibilidade exigidos e salientam que esse tipo de processo é adotado quando a organização já possui um *mix* de produtos relativamente estabilizado.

Segundo Tubino (2007, p.9),

Os sistemas repetitivos em lote situam-se entre os dois extremos, a produção em massa e a produção sob projeto, nos quais a quantidade solicitada de bens ou serviços é insuficiente para justificar a massificação da produção e especialização das instalações, porém justifica a produção de lotes econômicos no sentido de absorver os custos de preparação do processo.

De acordo com Slack *et al.* (2006), se os lotes forem considerados grandes e os produtos a serem fabricados nesse lote forem familiares à operação, esses lotes tendem a ser repetitivos e por esse motivo o processo em lote pode apresentar maiores níveis de volume e variedade do que outros tipos de processos.

2.6 Tipos de arranjo físico

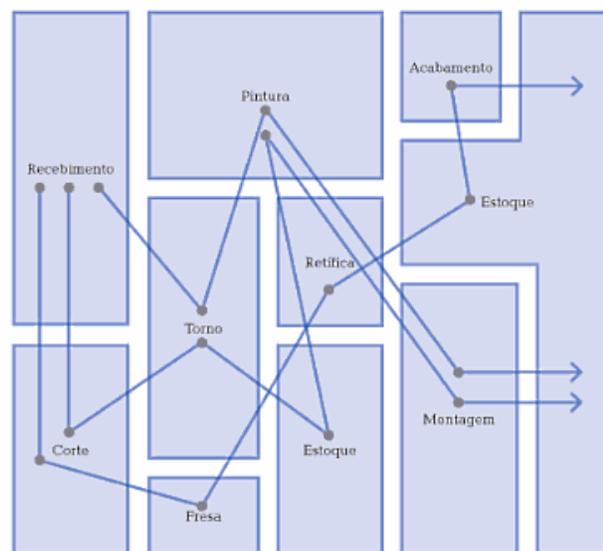
2.6.1 Por processo ou funcional

O arranjo físico por processo pode ser dito como o arranjo que agrupa as funções ou processos que são similares, onde “as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o arranjo físico” (SLACK *et al.*, 2006, p.164). De acordo com Paranhos (2007, p.218), “esse arranjo físico é usado quando o

tipo de produção é intermitente e orientado para ordens isoladas de serviço, com necessidade da produção de inúmeras peças diferentes e em lotes”.

Através da figura 6 percebe-se que a movimentação de materiais nesse arranjo é elevada, pois “nesse tipo de arranjo físico, os fluxos de materiais são variáveis e os roteiros de produção são diversos, correspondendo aos diferentes produtos produzidos na fábrica” (CORRÊA; GIANESI, 1996, p.72).

Figura 6 - Exemplo de *layout* por processo



Fonte: Paranhos (2007)

Para o arranjo físico por processo, assim como os outros tipos de arranjos, existem os pontos negativos e os pontos positivos em adotá-lo, o quadro 1 mostra de maneira resumida as principais vantagens e desvantagens desse arranjo.

Quadro 1 - Vantagens x Desvantagens do arranjo por processo

Vantagens	Desvantagens
Não é prejudicado devido alterações nos produtos	A matéria prima a ser transformada pode percorrer grandes distâncias
O estudo para que o mesmo seja implementado não possui alto custo	Caminho complexo a ser percorrido pela matéria prima
É menos vulnerável a paradas de máquinas por defeito nas mesmas	Altos níveis de estoque em processo
Possui um aproveitamento máximo das máquinas	-

Fonte: Adaptado de Paranhos (2007)

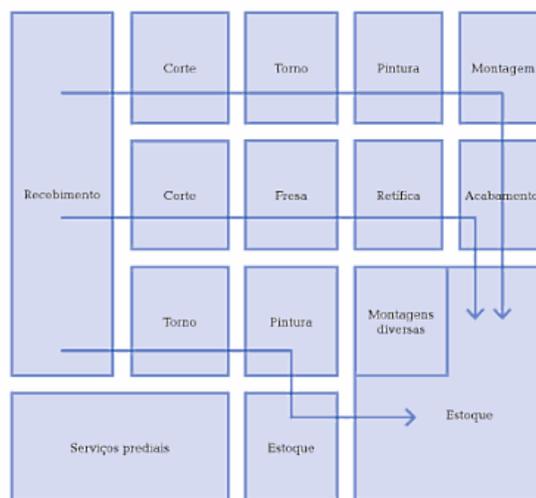
2.6.2 Por produto

De acordo com Lustosa *et al.*(2008, p.336), o arranjo físico por produto “é aquele no qual o serviço é executado ‘em série’, ou seja, a mesma sequência de operações se aplica de forma repetitiva e em grandes volumes”.

Segundo Slack *el al.* (2006), quando o produto a ser fabricado possui uma demanda “sólida” e com poucas variações durante um tempo considerado longo, normalmente usa-se esse tipo de arranjo, onde os recursos são dispostos de maneira que coincidem com o fluxo do produto que deve ser evidente e bem definido, tornando fácil de prever qual será o próximo posto de processamento no arranjo.

Segundo Paranhos (2007), um exemplo desse tipo de arranjo são as linhas de montagem, aonde o produto vai se deslocando linearmente de posto em posto e os operadores, bem como, as ferramentas e máquinas aguardam no seu posto de trabalho para executar a operação. A figura 7 ilustra um exemplo de uma linha de montagem.

Figura 7 - Exemplo de *layout* por produto



Fonte: Paranhos (2007)

2.6.3 Posicional ou de posição fixa

Nesse tipo de arranjo a matéria prima a ser transformada não se move através dos recursos transformadores, ou seja, “em vez de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma

operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto o equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se de e para a cena do processamento na medida do necessário” (SLACK *et al*,2006, p.163).

Diferentes autores explicam os motivos pelo qual esse tipo de arranjo possui essa característica contraditória:

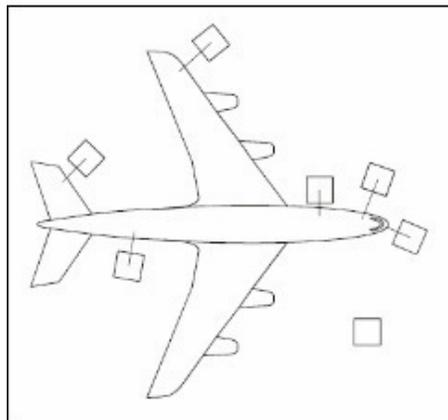
Segundo Slack *et al.* (2006, p.163), “ a razão para isso pode ser que ou o produto ou o sujeito do serviço sejam muito grandes para ser movidos de forma conveniente”

Já Corrêa, H. e Corrêa, C. (2011, p.417) afirmam que o arranjo físico posicional caracteriza-se desta maneira “por impossibilidade, ou por inviabilidade ou por inconveniência de fazê-lo mover-se entre as etapas do processo de agregação de valor”.

Os exemplos mais comuns de produtos que exigem esse tipo de arranjo são: Pontes, edifícios, estádios esportivos, aviões, navios, plataformas de petróleo e estaleiros.

A figura 8 ilustra a fabricação de um avião, onde os recursos transformadores encontram-se ao seu redor executando as operações.

Figura 8 - Exemplo de layout posicional



Fonte: Gomes (2010)

2.6.4 Celular

Dentre os arranjos físicos considerados tradicionais, o celular é o que mais se aproxima da mentalidade enxuta, onde pode ser definido como “aquele em que os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da

operação na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram” (SLACK *et al*,2006, p.165).

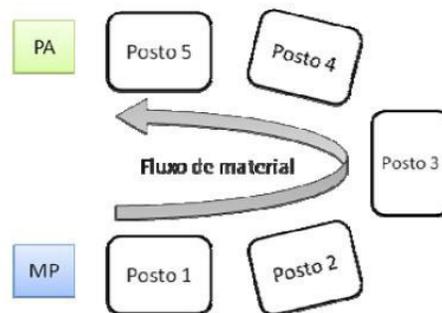
De acordo com Silva (2009) *apud* Al-mubarak (2003), as células de manufatura podem ser definidas como uma forma de organizar o *layout* do chão-de-fábrica quando se busca obter eficiência e flexibilidade simultaneamente, onde os componentes são agrupados em famílias baseados em similaridade de forma, processo de produção ou ambos.

Conforme Bouzon *et al.* (2011) *apud* Hyer e Wemmerlov (2002),

Pela perspectiva de recursos, a célula é vista como um pequeno grupo de recursos humanos e técnicos dedicado a uma família de produtos e pela perspectiva de espaço, uma célula deve ser arranjada com os recursos muito próximos e com limites físicos claros. Quanto mais próximos estiverem os recursos, mais eficiente é a célula.

O arranjo físico celular pode ser encontrado com algumas variações, como: em linha, em “L” ou em “U”. A figura 9 ilustra o *layout* celular disposto em “U”.

Figura 9 - Exemplo de arranjo físico celular em formato de "U"



Fonte: Bouzon *et al.* (2011)

Apesar de o arranjo físico do tipo celular ser uma tendência para organizações atuais e futuras, por apresentar uma proximidade com os conceitos de manufatura enxuta, o mesmo também apresenta desvantagens. O quadro 2 traz a principais vantagens e desvantagens relacionadas a esse tipo de arranjo físico.

Quadro 2 - Vantagens x desvantagens do arranjo celular

Vantagens	Desvantagens
Redução do tempo de manuseio do material	Duplicação de máquinas
Redução da movimentação do material	Necessidade de treinamento dos operadores
Redução dos tempos de setup dos recursos	Diminuição da flexibilidade
Fluxo suave de produção	-
Melhor monitoramento	-
Operadores polivalentes	-

Fonte: Adaptado de Bouzon *et al.*(2011)

2.7 Tecnologia de grupo

Essa tecnologia permite a criação de famílias de produtos, onde similaridades físicas e operacionais podem determinar a que família cada produto pertence. Segundo Ganga (2006) *apud* Damas (2004), pode-se fundamentar a tecnologia de grupo como sendo uma filosofia que estabelece a solução de possíveis problemas através da similaridade existente entre os produtos, onde se almeja obter vantagens por meio do tratamento desses grupos.

Heragu (1994) considera que a célula de manufatura pode ser definida com uma aplicação da tecnologia de grupo, onde essa aplicação liga máquinas e processos agrupados à famílias de peças. O autor observa ainda que através da aplicação desse conceito é possível alcançar vantagens significativas para a empresa.

De acordo com Gonçalves Filho (2007), para a formulação das famílias de produto, existem dois tipos de algoritmos que são considerados como mais usuais, são eles: Algoritmos de coeficiente de similaridade e algoritmos de manipulação direta.

Entre os algoritmos de manipulação direta, está o método matemático ROC (*rank order clustering*), porém para entender esse método faz-se necessário compreender primeiramente a matriz peça – máquina a ser arranjada.

2.7.1 Matriz peça – máquina

Quando se tem a intenção de utilizar algum algoritmo para a realização do agrupamento de produtos, a matriz peça – máquina pode ser considerada como o ponto de partida, pois é ela que será manipulada pelos algoritmos até o atingimento da situação ideal ou próxima de ideal, onde as informações necessárias para o preenchimento da matriz são retiradas de folhas de

processo ou de fluxos operacionais. A figura 10 ilustra uma matriz peça – máquina composta por cinco peças e quatro máquinas, onde cada linha da matriz representa peça e cada coluna da matriz representa máquina.

Gonçalves Filho (2007), explica que, matematicamente, a matriz peça - máquina X_{ij} de ordem $m \times n$ pode ser definida da seguinte maneira:

$X_{ij} = 1$, se a peça i tem a máquina j como recurso;

$X_{ij} = 0$, se a peça i não tem a máquina j como recurso.

Figura 10 - Exemplo de matriz peça x máquina

		Máquina			
		Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4
Peça	Peça 1	1	1	1	0
	Peça 2	0	1	1	0
	Peça 3	1	0	0	0
	Peça 4	0	1	0	1
	Peça 5	0	1	1	1

Fonte: Ganga e Silva (2006)

2.7.2 Algoritmo *Rank Order Clustering* (ROC)

Gonçalves Filho (2007) observa que, esse método matemático para manipulação da matriz peça – máquina foi desenvolvido por King no ano de 1980 com o objetivo de gerar células de manufatura formando famílias de peças e grupos de máquinas.

De acordo com King (1980), a intenção do método é diagonalizar a matriz inicial através de permutações nas linhas e nas colunas da mesma, onde cada linha e cada coluna são associadas a um número binário e ao seu equivalente decimal.

Ainda segundo King (1980), primeiramente, deve-se ordenar os equivalentes decimais das linhas em ordem decrescente e rearranjar as linhas da matriz de acordo com essa ordem, observando sempre, a disposição da “nova” matriz. Caso não ocorra nenhuma alteração na disposição das linhas da matriz, significa dizer que a permutação acabou. Se após o rearranjo das linhas a matriz apresentar outra disposição o mesmo procedimento será tomado, porém para as

colunas. Para que seja possível definir as famílias de produto e os grupos de máquinas, essa permutação deverá ocorrer quantas vezes for necessário até que não haja alteração na matriz.

As figuras 11 e 12 exemplificam a permutação decorrente do método ROC a fim de diagonalizar a matriz peça – máquina.

Segundo Gonçalves Filho (2007), para obter o equivalente decimal dos números binários formados pelas linhas da matriz deve-se ler a linha como um número binário da direita para a esquerda, ou seja, na matriz da figura 11, o número binário 00101 referente ao componente 1 é lido da seguinte maneira: $5 = 1x2^0 + 0x2^1 + 1x2^2 + 0x2^3 + 0x2^4$.

Figura 11 - Matriz peça x máquina inicial

		Máquinas				
		1	2	3	4	5
Componentes	1	0	0	1	0	1
	2	0	1	0	1	0
	3	1	1	0	1	0
	4	0	0	1	0	1
	5	1	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1

Fonte: Gonçalves Filho (2007)

Através da figura 12 percebe-se uma diagonalização na matriz após a mesma ter passado por permutações nas suas linhas e colunas. Nesse caso a matriz pode ser considerada como estando no seu estado final, onde, devido a diagonalização, cada grupo de recursos está atrelado a uma família de produto.

Figura 12 - Matriz peça x máquina após o rearranjo das linhas e das colunas

		Máquinas					Equivalent e Decimal	Ordem Decimal
		4	1	2	5	3		
Peças	3	1	1	1	0	0	28	1°
	5	1	1	0	0	0	24	2°
	2	1	0	1	0	0	20	3°
	1	0	0	0	1	1	3	4°
	4	0	0	0	1	1	3	5°
	6	0	0	0	0	1	1	6°

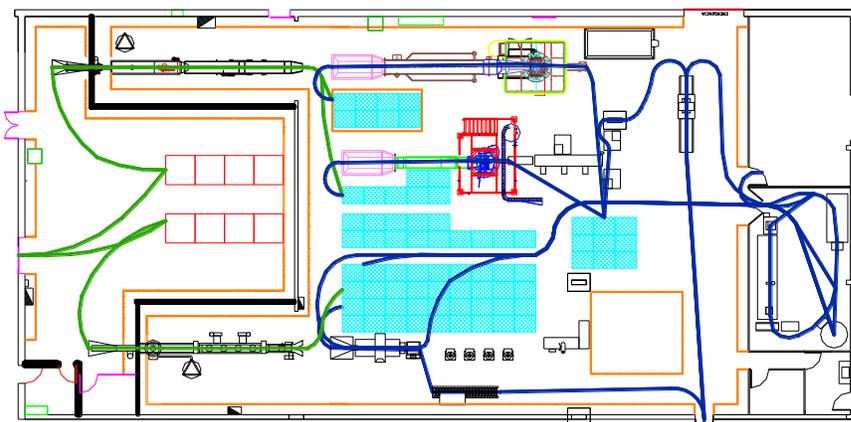
Fonte: Gonçalves Filho (2007)

2.8 Diagrama de espaguete

De acordo com o *Institute for innovation and improvement* (2008), o diagrama de espaguete permite a visualização de toda a movimentação realizada pela matéria prima desde o seu recebimento até a sua expedição e pode ser definido como uma ferramenta que auxilia a determinação de um bom arranjo físico, pois além de demonstrar o caminho percorrido pelo material, também pode servir como um indicador de desempenho.

A figura 13 traz um exemplo de um diagrama de espaguete elaborado em um estudo realizado em uma empresa de beneficiamento de castanha de caju, onde todo o percurso necessário para a transformação do produto é visualmente detalhado no diagrama.

Figura 13 - Diagrama de espaguete



Fonte: Santos (2012)

3 ESTUDO DE CASO

Este capítulo expõe o estudo de caso do presente trabalho e detalha as etapas do estudo, onde as mesmas buscam viabilizar a concretização dos objetivos do trabalho. Tais etapas serão dispostas em uma sequência que compõe o método utilizado na pesquisa. As considerações finais referentes ao estudo de caso também serão abordadas neste capítulo.

3.1 Metodologia do estudo de caso

Etapa 1 – Caracterização da empresa

Nesta etapa, as características referentes à empresa escolhida para o estudo de caso serão expostas de maneira suficiente para o entendimento do cenário em estudo. Localização, tamanho, tipo de processo produtivo, estrutura organizacional, tempo de mercado e produtos são pontos que serão descritos nessa etapa, bem como os problemas encontrados no decorrer do estudo.

Etapa 2 – Descrição do processo em estudo

Após a caracterização da empresa, torna-se necessário o conhecimento e o entendimento das características do processo produtivo em estudo, onde arranjo físico, operações inerentes ao processo e restrições do processo são pontos que deverão ser explanados nessa etapa. Os problemas existentes no processo e os pontos de possíveis melhorias também serão descritos nesta etapa.

Etapa 3 – Levantamento de dados do processo

Nesta etapa serão levantados os dados necessários para o andamento do estudo de caso, onde os mesmos terão como procedência os documentos administrativos utilizados pela empresa. Relatórios de eficiência, relatório de operações, recursos utilizados, fluxos operacionais, dentre outras informações, serão apontados e utilizados para viabilizar a realização das etapas seguintes.

Etapa 4 – Formação de células de produção

Nesta etapa, as similaridades existentes entre os produtos manufaturados na empresa serão manipuladas através de um método matemático visando à obtenção de um agrupamento de recursos capazes de produzir produtos que são similares entre si.

Etapa 5 – Mensuração das distâncias percorridas

Para esta etapa serão medidas todas as distâncias percorridas pela matéria prima desde o seu recebimento até a expedição do produto acabado, em que através dessas medições será criado um indicador de desempenho referente ao arranjo físico atual e proposto permitindo comparações entre os mesmos.

Etapa 6 – Rearranjo físico

Por fim, nesta etapa, será proposto um rearranjo físico dos processos transformadores a fim de realizar uma minimização dos desperdícios fabris de transporte e conseqüentemente tempo de espera e estoque em processo.

3.2 Elaboração do estudo de caso

3.2.1 Caracterização da empresa

A organização selecionada para a realização do estudo de caso, pertence ao segmento de confecção de vestuário do tipo *sport wear*, *surf wear* e *street wear* e apresenta uma única unidade fabril que está localizada na cidade de Fortaleza no estado do Ceará.

Atualmente, a Serjak manufatura de roupas LTDA produz para grandes magazines brasileiros e para lojas do grupo, em que para os magazines são fabricados apenas bermudas de tãctel e para as lojas do grupo camisas gola polo, jeans e shorts. Com uma equipe de 120 colaboradores distribuídos entre mão-de-obra direta, pessoal administrativo e serviços gerais, a

empresa é caracterizada como uma organização de pequeno porte e opera com o processo do tipo *jobbing*, onde o cliente apresenta o seu próprio projeto do produto devendo a Serjak seguir apenas as especificações exigidas pelo próprio.

Com 12 anos de atuação no mercado, a Serjak apresenta um sistema produtivo dividido em setores de modelagem /corte, bordado, estamparia, costura (montagem), acabamento final e embalagem. Os setores de modelagem /corte e costura diferentemente dos demais setores produtivos e áreas da empresa, são dispostos de maneira vertical em um edifício de dois andares, sendo o setor de modelagem /corte localizado no segundo andar e o setor de costura localizado no primeiro andar.

Os setores administrativos da empresa são: diretoria industrial, diretoria comercial, setor de desenvolvimento, setor financeiro, contabilidade, recursos humanos, almoxarifado e expedição.

A ausência de setores específicos de qualidade e engenharia de manufatura tem como resultado dentro da empresa uma divisão confusa de responsabilidades que caberiam a esses setores, acarretando em falhas e dificuldade de compreensão de alguns colaboradores a temas referentes à qualidade e engenharia de manufatura. Mediante esta realidade a existência de desperdícios fabris é notória e por falta de conhecimento de técnicas e ferramentas, as ações de melhoria, neste aspecto, não acontecem.

3.2.2 Descrição do processo em estudo

O processo de costura (montagem) pode ser considerado como o processo produtivo crítico da empresa, pois é no mesmo que acontecem as operações de transformação que exigem mais habilidades, concentração e produtividade por parte dos operadores.

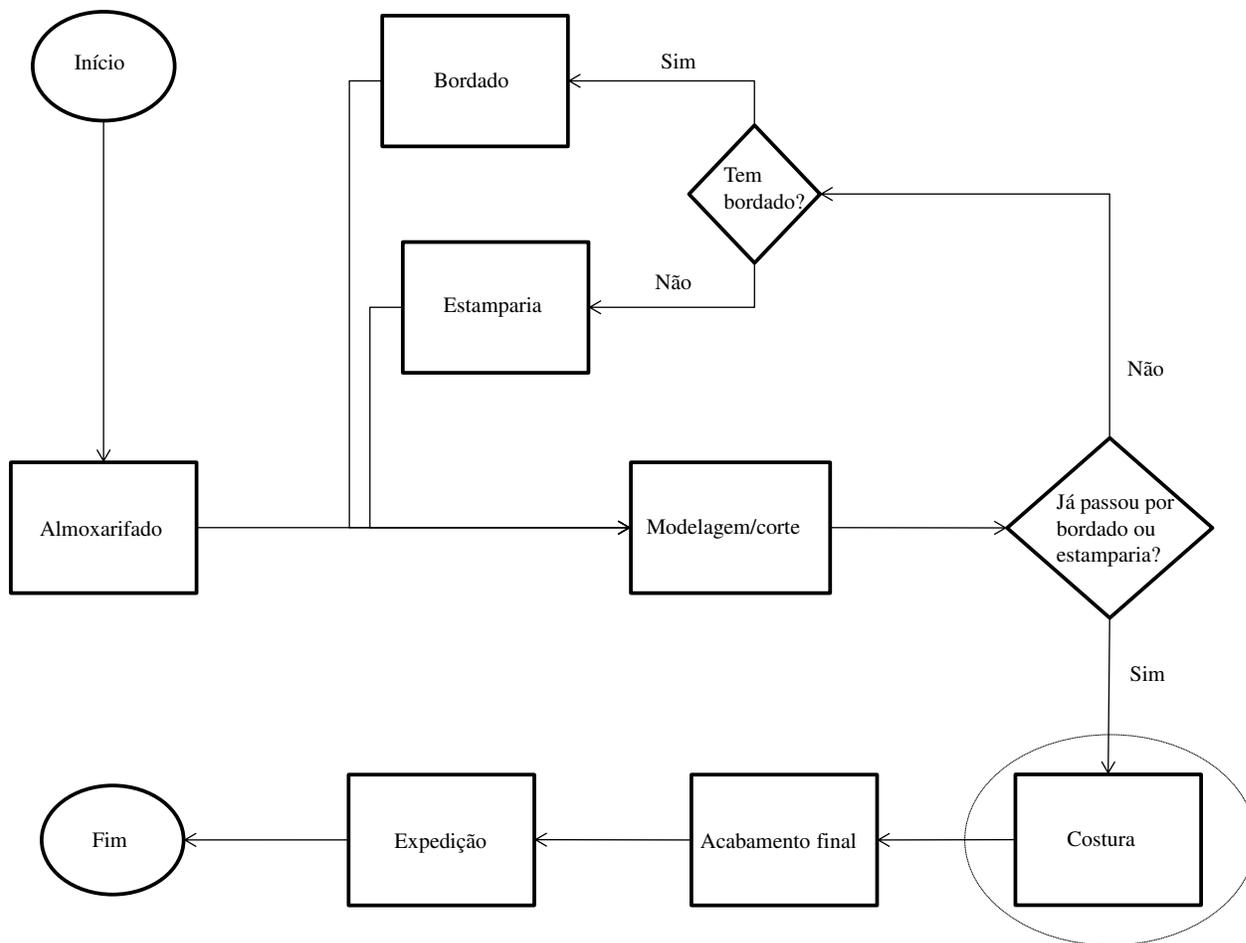
Na Serjak manufatura de roupas LTDA, o processo de costura possui aproximadamente 194 m² de área e apresenta 4 grupos de produção intitulados de grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4. Cada grupo possui um total de 15 operadores trabalhando 528 minutos por dia. Além do total de 60 operadores, o processo de costura conta com 4 supervisores que são separados por grupo e 1 colaborador para gerenciar o processo.

Ainda sobre os grupos do processo de costura, observa-se que até o ano de 2008 a empresa possuía 6 grupos de produção, porém por consequência da invasão dos produtos

asiáticos descrita na introdução deste trabalho a empresa, no mesmo ano, enfrentou um mau momento e desativou 2 dos 6 grupos.

Através da Figura 14, pode-se perceber em que momento do fluxo produtivo o processo em estudo se enquadra.

Figura 14 - Fluxograma do sistema produtivo



Fonte: Criação própria

Observa-se através do fluxograma (Figura 14) que o material sai do almojarifado e segue para a etapa de modelagem e corte, onde sofre sua primeira transformação. Ainda na etapa de modelagem e corte, parte do lote que vai para a costura fica esperando as peças que precisam passar pelos processos de bordado ou estamparia, pois a costura não pode receber o lote com peças faltando. Após as peças que passaram pelos processos de bordado ou estamparia regressarem, o lote é fechado e segue para o processo de costura onde ocorre a montagem do

produto. Após montado, o produto segue para a etapa de acabamento final, onde pequenos consertos e inspeções são realizados para, enfim, o produto chegar à etapa de embalagem e expedição.

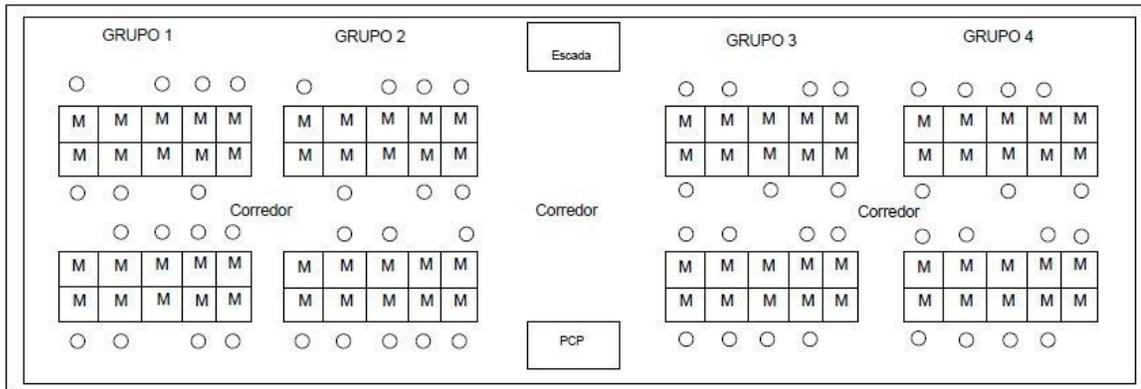
As máquinas utilizadas no processo de costura são: 2 agulhas, 4 agulhas, 12 agulhas, caseadeira, costura reta, *interlock*, máquina de braço, *travete* e *zeromax*, havendo réplicas de máquinas no mesmo grupo e em outros grupos totalizando 80 máquinas no processo. O quadro 3 e a figura 15, mostram as operações que cada máquina realiza e o *layout* atual do processo de costura respectivamente. Observa-se que na figura 15, os círculos representam os operadores e as letras “M” representam as máquinas de costura.

Quadro 3 - Máquinas x Operações

Máquinas	Simbologia (máquinas)	Quantidade (Un)	Operações por máquina
2 Agulhas	x	14	Aplicar viés/Aplicar elástico/ Fixar velcro/Pespontar/Rebater
4 Agulhas	y	4	Aplicar viés/Aplicar elástico/Rebater
12 Agulhas	z	6	Aplicar viés/Aplicar elástico
Caseadeira	Ca	4	Casear
Costura reta	Co	19	Aplicar viés/Aplicar elástico/ Alinhavar/Fixar velcro/Pespontar/Unir pala/ Unir sunga no short
Interlock	In	15	Aplicar viés/Aplicar elástico/ Chulear/Fixar velcro/Unir pala/Unir sunga no short
Máquina de braço	Mb	10	Aplicar viés/Aplicar elástico/ Colocar cadaço/Pespontar/Refilar/Rebater/Unir pala/ Unir sunga no short
Travete eletrônica	Te	4	Travete
Zeromax	Zm	4	Aplicar viés/Aplicar elástico

Fonte: Criação própria

Figura 15 - Layout atual do processo de costura



Fonte: Criação própria

Os quatro grupos de produção apresentam igual disposição das máquinas e as mesmas são dispostas por processo, caracterizando o arranjo físico da costura como do tipo funcional. Na Serjak, o setor de costura apresenta constantemente estoque em processo, fluxo de material complexo, entre outros pontos característicos do *layout* utilizado. A figura 16 mostra um exemplo real de produtos em processamento formando estoque caracterizando o desperdício.

Figura 16 - Desperdício de estoque em processo na empresa em estudo



Fonte: Autor

No processo de costura ocorre uma grande quantidade de operações de transformação, tornando inviável discriminá-las todas nesta etapa do estudo, porém existe a possibilidade de resumir tais operações em 17 macro grupos de operações, que são: Aplicações, alinhamento, chulear peças, casear, colocar acessórios, fechar peças, fazer peças, fixar peças, limpezas, medições, marcações, pespontar peças, revisar peças, refilar peças, rebater peças, travete e virar peças. Através do documento de relatório de operações percebeu-se que várias operações de costura existentes são similares e utilizam o mesmo recurso o que viabiliza o agrupamento das mesmas em macro grupos.

Sobre as operações descritas acima, pode-se afirmar que uma parcela é realizada com a utilização de máquinas e outra parcela é realizada com operadores executando serviços manuais, onde esses últimos, de acordo com os tempos levantados pelo cronoanalista terceirizado pela empresa, podem ser considerados como o gargalo do processo.

Na Serjak manufatura de roupas LTDA, existe um alto nível de preocupação em relação ao processo de costura (montagem) por parte da diretoria e por isso foi implementado o uso do indicador de eficiência no mesmo, onde a meta é produzir, no mínimo, com 80% de eficiência, porém, atualmente, os relatórios de eficiência emitidos mensalmente apontam que a eficiência do mesmo apresenta uma alternância indesejável caracterizando a existência da necessidade de uma melhoria.

3.2.3 Levantamento de dados do processo

A partir da descrição do processo em estudo, através do sistema gerencial utilizado na empresa e do apoio da gerente do processo, identificou-se os documentos administrativos que possuem informações relevantes para a caracterização da necessidade de melhoria relatada na etapa 2 e para a realização do estudo. Todos os dados que foram extraídos desses documentos são referentes a uma amostra de quatro meses (julho a outubro) do ano de 2012 e a produtos fabricados para magazines. O quadro 4 lista tais documentos.

Quadro 4 - Documentos de controle

	Documentos de controle gerencial
1	Relatório de eficiência
2	Fluxo operacional
3	Relatório de operações

Fonte: Criação própria

Todos os dados extraídos serão ligados com o respectivo documento nos próximos parágrafos dessa etapa.

O relatório de eficiência é “alimentado” no sistema pela colaboradora responsável por gerenciar o processo, onde as informações necessárias para a elaboração do relatório são coletadas pelas supervisoras de cada um dos quatro grupos de produção. O quadro 5 representa os dados encontrados nesse relatório.

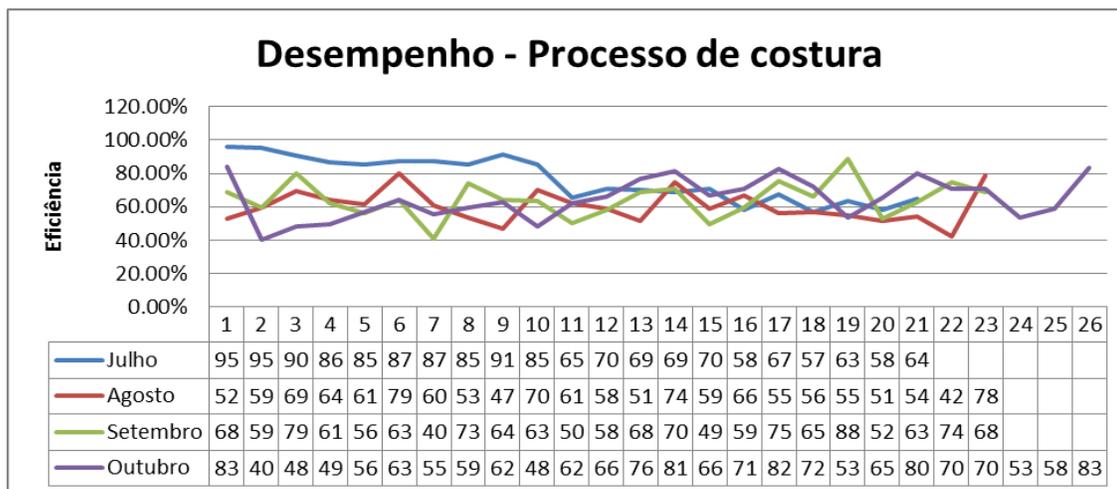
Quadro 5 - Dados identificados no relatório de eficiência

Documento	Dados encontrados
Relatório de eficiência	Referência do modelo; tempo padrão de processamento total por modelo; volume de produção; eficiência diária; eficiência mensal; número de funcionários por grupo por dia; custos de fabricação;

Fonte: Criação própria

Como já citado na etapa 2 deste capítulo, a diretoria da empresa traçou como meta para o processo de costura que o mesmo opere com uma eficiência de no mínimo 80% para que os objetivos sejam atingidos. Com o auxílio dos relatórios de eficiência dos meses de julho, agosto, setembro e outubro, foram extraídas e listadas as eficiências diárias desse período e posteriormente plotou-se o gráfico de desempenho do processo de costura que pode ser visto através da figura 17, onde por meio do mesmo, pode-se perceber que o desempenho do processo de costura, apresentou aproximadamente 83% das eficiências diárias abaixo da meta estabelecida de 80% o que é suficiente para demonstrar a necessidade de melhorias no processo.

Figura 17 - Gráfico de desempenho do processo de costura



Fonte: Criação própria

Ainda utilizando os mesmos relatórios de eficiência levantou-se quais modelos de produto foram produzidos no período em estudo. Através do quadro 6 sabe-se quais foram os modelos produzidos em cada mês, bem como o total de modelos que foram produzidos.

Quadro 6 - Referências produzidas

Período	Modelos	Total de modelos
Julho de 2012	5300755/5300922/5330037/5350590/5110018/4310003/4340002/4310006/4340005/4310007/4340001/4310008/4340006/4310001/4310014/4340009/5000350/5000404/5000359/4910001/5000367/5300975/5000407/5330036/5000432/5010137/2040024/2000386.	28
Agosto de 2012	5330036/5280001/5650011/5000380/5650046/5650047/5320237/5650048/5110009/4030146/5110010/5350590/5000417/5000184/2000390/5300922/5110011/5000427/5000433/5110014/5110016/5110017/5320234/2280001/2010222.	25
Setembro de 2012	5320234/5110017/5110015/5320239/5320224/5110019/5350590/5330037/4030121/5000376/5000433/5000153/5000474/4030093/5000173/4030171/5000364/4030143/4030151/5000183/4030144/4030019/4030122/2000390/4030172/5850001/4030133/4030142/5110020/2010232.	30
Outubro de 2012	5350590/5300975/4030143/5000450/4030133/5000473/5850001/4310017/5110020/4310018/4310016/4340012/4340013/5300582/5000364/4340011/5000438/5000359/5000440/5000435/5000439/5000437/5000434/5110027/5000436/4030191/5000367/5300958/4030188/4030189/4030102/4030104/4030190/4030162/4030099/4030186/4030097/5650050/5650011/5110021/5300922/5110023/5280007/5280002/5110022/5000153/5000430.	47

Fonte: Criação própria

Após analisar o comportamento do processo e obter as referências dos modelos produzidos no período em estudo, veio a necessidade de conhecer as características de cada modelo, para isso utilizou-se o documento de fluxo operacional, pois o mesmo possui a descrição operacional do produto.

O documento de fluxo operacional é criado pela responsável em gerenciar o processo de costura e pode ter a sua descrição operacional utilizada para mais de um modelo de produto, pois em alguns casos o fluxo dentro do processo é o mesmo para mais de um modelo de produto diferenciando apenas as cores das linhas e as peças que compõem o mesmo. O quadro 7 representa os dados encontrados nesse documento.

Quadro 7 - Dados identificados no fluxo operacional

Documento	Dados encontrados
Fluxo operacional	Código da operação; descrição operacional; código da máquina; quantidade de máquinas necessárias; tempo padrão de processamento por operação; número de operações;

Fonte: Criação própria

A descrição operacional é o que determina qual é a ordem de montagem do produto, ou seja, qual é a sequência de operações necessárias para produzir o modelo e conseqüentemente quais são as máquinas necessárias para executar tais operações.

Para simplificar a elaboração da descrição operacional, existe no sistema gerencial utilizado pela empresa, um relatório de operações, onde todas as operações existentes no processo de costura estão codificadas e atreladas às máquinas que as executam. O quadro 8 representa os dados encontrados nesse documento.

Quadro 8 - Dados identificados no relatório de operações

Documento	Dados encontrados
Relatório de operações	Código da operação; descrição da operação; código da máquina; descrição máquina; tempo padrão de processamento por operação

Fonte: Criação própria

3.2.4 Formação de células de produção

A formação das células de produção consiste em, através dos dados levantados na etapa 3, analisar a similaridade existente entre os produtos produzidos no período em estudo a fim de formar famílias de produtos e grupos de recursos capazes de produzir tais famílias de produtos.

Neste trabalho, criar a matriz produto x operações foi o marco inicial para a formulação das células de produção. Observa-se que apesar de a matriz ser normalmente utilizada correlacionando os produtos com as máquinas, para este estudo adotou-se a correlação dos produtos com as operações de costura, pois neste caso uma mesma máquina é capaz de realizar outras operações, ou seja, se houvesse o correlacionamento entre produtos e máquinas, praticamente todos os produtos iriam estar correlacionados com todas as máquinas tornando o método de manipulação de matriz para formação de famílias de produtos ineficaz.

Com a ajuda da experiência da gerente do processo de costura, foram selecionadas 30 referências de modelos produzidos durante o período em estudo. As 30 referências selecionadas, foram selecionadas de maneira que representassem as demais referências de modelo produzidas no período, o que é possível já que algumas referências, conforme citado anteriormente, possuem a mesma descrição operacional.

Também com a ajuda da gerente do processo de costura, foram selecionadas as operações de costura a serem utilizadas na matriz, de maneira que juntas, formam um subconjunto dos 17 macro grupos de operações descritos anteriormente. Da mesma maneira que os produtos selecionados, as operações selecionadas são suficientes para representar as demais operações existentes no processo, pois como dito anteriormente, uma mesma máquina é capaz de realizar outras operações, então, desta maneira, as máquinas necessárias para executar as operações escolhidas também serão capazes de executar as demais operações existentes no processo.

Observa-se que foi necessário selecionar uma amostra de produtos e operações para viabilizar o estudo deste presente trabalho, pois caso contrário, devido a grande quantidade de referências de modelos e operações, a matriz aqui estudada ganharia proporções incompatíveis com os recursos disponíveis para a realização do trabalho.

Analisando os documentos de fluxo operacional de cada referência de produto selecionada correlacionaram-se os produtos selecionados com as operações selecionadas de modo que ao final da análise toda a matriz estivesse preenchida com “1” quando houvesse correlação entre

produto e operação e com “0” quando não houvesse correlação, tal preenchimento pode ser visto através da figura 18.

Figura 18 - Matriz produtos x operações

		Operações de costura												
		Unir pala	Aplicar viés	Fixar Velcro	Aplicar elástico	Colocar cadaço	Unir Sunga no short	Alinhavar	Casear	Chulear	Pespontar	Refilar	Rebater	Travete
Referência de Produtos	5000432	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
	5000407	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	5000404	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
	5000367	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5330037	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5300975	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5300922	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
	5300755	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
	5320238	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5330032	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5330036	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5650048	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
	5110016	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5320232	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5110009	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5650046	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	5650047	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	5320234	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5000364	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	5850001	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	4030133	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
	4310016	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
	5650050	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	4310018	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	5110027	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5110022	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5110023	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5110020	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	5110021	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
	5300958	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1

Fonte: Criação própria

Observando a matriz produtos x operações, notou-se que algumas operações são necessárias para praticamente todos os produtos, tais operações são: Aplicar elástico, colocar cadaço, casear, rebater e travete. Portanto, como basicamente todos os produtos fabricados terão necessariamente que passar por essas operações de costura, elas não poderão ser atreladas a uma família específica de produtos. Por esse motivo, as operações citadas acima, foram retiradas da matriz produto x operações reduzindo o número de colunas de 13 para 8 e formando a primeira célula de produção, denominada de *célula comum*.

Após a retirada das operações que pertencem à *célula comum*, com o auxílio da figura 19, percebeu-se que 12 referências de modelo ficaram sem nenhuma correlação com as operações

restantes, o que caracteriza a formação da família de produto denominada de *família A*, onde as únicas operações de costura necessárias para essa família são as operações contidas na *célula comum*.

Figura 19 - Matriz produtos x operações sem operações da *célula comum*

		Operações de costura							
		Unir pala	Aplicar viés	Fixar Velcro	Unir Sunga no short	Alinhavar	Chulear	Pespontar	Refilar
Referência de Produtos	5000432	1	0	1	1	0	0	1	0
	5000407	0	0	1	1	0	1	1	0
	5000404	1	0	1	1	0	1	1	0
	5000367	0	1	0	0	0	0	0	0
	5330037	0	1	0	0	0	0	0	0
	5300975	0	1	0	0	0	0	0	0
	5300922	1	0	0	0	0	0	1	0
	5300755	0	1	0	0	0	0	1	0
	5320238	0	0	0	0	0	0	0	0
	5330032	0	0	0	0	0	0	0	0
	5330036	0	0	0	0	0	0	0	0
	5650048	1	1	0	1	0	1	1	0
	5110016	0	0	0	0	0	0	0	0
	5320232	0	0	0	0	0	0	0	0
	5110009	0	0	0	0	0	0	0	0
	5650046	1	0	1	1	0	1	1	0
	5650047	0	0	1	1	0	1	1	0
	5320234	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000364	0	0	0	0	0	0	0	0
	5850001	0	0	1	1	0	1	1	1
	4030133	1	0	0	0	0	0	1	0
	4310016	1	1	1	0	0	1	1	0
	5650050	0	0	1	1	1	1	1	0
	4310018	0	1	1	1	0	1	1	0
	5110027	0	0	0	0	0	0	0	0
	5110022	0	0	0	0	0	0	0	0
	5110023	0	0	0	0	0	0	0	0
	5110020	0	0	0	0	0	0	0	0
	5110021	0	0	1	0	0	1	1	0
	5300958	1	0	0	0	0	0	1	0

Fonte: Criação própria

O fato de as referências de modelo pertencentes à família de produto A não apresentarem nenhuma correlação com as operações restantes da matriz implica em um não aproveitamento das mesmas para a manipulação da matriz, pois qualquer que seja a permutação feita nas linhas e nas colunas da matriz não alterará tal característica.

Após a retirada das 12 referências pertencentes à família A, a matriz produto x operações passou de uma matriz 30x8 para uma matriz 18x8 e, a partir de então, com o uso do método ROC (*Rank Order Clustering*), passou a sofrer permutações nas suas linhas e colunas. Observa-se que os cálculos dos equivalentes decimais dos números binários formados por linhas e colunas da matriz foram realizados através das fórmulas básicas de potência e soma do *excel*.

A figura 20 ilustra a matriz sem as operações da célula comum, sem as referências de modelo da família de produto A e no seu estado após o primeiro rearranjo.

Figura 20 - Matriz produtos x operações após o primeiro rearranjo das linhas

		Operações de manufatura								equivalente decimal	Ordem decrescente
		Unir pala	Aplicar viés	Fixar Velcro velcro	Unir Suga no short	Alinhavar	Chulear	Pespontar	Refilar		
Referências de Produtos	4310016	1	1	1	0	0	1	1	$=(2^7)+(2^6)+(2^5)+(2^2)+(2^1)$		
	5650048	1	1	0	1	0	1	1	0	214	2
	5000404	1	0	1	1	0	1	1	0	182	3
	5650046	1	0	1	1	0	1	1	0	182	4
	5000432	1	0	1	1	0	0	1	0	178	5
	5300922	1	0	0	0	0	0	1	0	130	6
	4030133	1	0	0	0	0	0	1	0	130	7
	5300958	1	0	0	0	0	0	1	0	130	8
	4310018	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9
	5300755	0	1	0	0	0	0	1	0	66	10
	5000367	0	1	0	0	0	0	0	0	64	11
	5330037	0	1	0	0	0	0	0	0	64	12
	5300975	0	1	0	0	0	0	0	0	64	13
	5650050	0	0	1	1	1	1	1	0	62	14
	5850001	0	0	1	1	0	1	1	1	55	15
	5000407	0	0	1	1	0	1	1	0	54	16
	5650047	0	0	1	1	0	1	1	0	54	17
	5110021	0	0	1	0	0	1	1	0	38	18

equivalente decimal	261120	197600	188959	123422	16	246303	261919	8
ordem decrescente	2	4	5	6	7	3	1	8

Fonte: Criação própria

O método matemático aqui utilizado para a formação das células de produção, como fundamentado anteriormente no capítulo 2 deste trabalho, busca diagonalizar a matriz através da manipulação direta da mesma, onde apesar de normalmente ocorrerem pontos fora da diagonalização, o objetivo é ligar de maneira clara as células de produção com as famílias de produto, porém neste caso específico nota-se que mesmo usando o método corretamente, ocorre uma quantidade considerada alta de pontos fora da diagonalização.

Observa-se que o nível de similaridade existente entre as referências de modelo produzidas no período em estudo é o que gera tais pontos, pois como os modelos são parecidos torna-se difícil agrupá-los em famílias de produto e mesmo que a matriz seja rearranjada várias vezes, sempre haverá referências de produtos que precisarão passar por mais de uma célula, tal fato pode ser usado para caracterizar o *layout* como celular híbrido.

A figura 21 mostra a matriz no estado após a aplicação do método, bem como os pontos fora da diagonalização.

Figura 21 - Matriz produtos x operações após aplicação do método

		Operações de manufatura							
		Pespontar	Unir pala	Chulear	Fixar Velcro	Unir sunga no short	Aplicar viés	Alinhavar	Refilar
Referências de Produtos	4310016	1	1	1	1	0	1	0	0
	5650048	1	1	1	0	1	1	0	0
	5000404	1	1	1	1	1	0	0	0
	5650046	1	1	1	1	1	0	0	0
	5000432	1	1	0	1	1	0	0	0
	5300922	1	1	0	0	0	0	0	0
	4030133	1	1	0	0	0	0	0	0
	5300958	1	1	0	0	0	0	0	0
	4310018	1	0	1	1	1	1	0	0
	5650050	1	0	1	1	1	0	1	0
	5850001	1	0	1	1	1	0	0	1
	5000407	1	0	1	1	1	0	0	0
	5650047	1	0	1	1	1	0	0	0
	5110021	1	0	1	1	0	0	0	0
	5300755	1	0	0	0	0	1	0	0
	5000367	0	0	0	0	0	1	0	0
	5330037	0	0	0	0	0	1	0	0
5300975	0	0	0	0	0	1	0	0	

Fonte: Criação própria

Após a aplicação do método matemático ROC (*Rank Order Clustering*), observou-se que a diagonalização encontrada propôs uma criação de três células de produção denominadas de células 1, 2 e 3, onde na *célula 1* constaria as operações pespontar e unir pala, na *célula 2* constaria as operações chulear, fixar velcro e unir sunga no short e na *célula 3* constaria a operação aplicar viés.

Observou-se ainda que de todas as operações, as únicas que ficaram fora da diagonalização foram alinhavar e refilar, porém como as referências de modelo que necessitam

dessas operações apresentam um volume de produção alto para a fábrica tornou-se necessário a inclusão das mesmas em uma das 3 células.

Levando-se em consideração a realidade financeira da empresa e os documentos de fluxo operacional, chegou-se a conclusão de que as operações alinhar e refilar deveriam ser alocadas na *célula 3*, pois não justificaria a formulação de uma célula de produção para realizar apenas um tipo de operação. O quadro 9 resume quais as operações pertencentes a cada célula, bem como as famílias de produto formadas e o total de modelos contidos em cada família.

Quadro 9 - Resumo das células de produção formadas

Célula Comum			Célula 1		
Operações	Família A	Total de referências	Operações	Família B	Total de referências
Aplicar elástico, Colocar cadarço, Casear, Rebater e Travete	5320238/5330032/ 5330036/5110016/ 5320232/5110009/ 5320234/5000364/ 5110027/5110022/ 5110023/5110020.	12	Pespontar e Unir pala	4310016/5650048/ 5000404/5650046/ 5000432/5300922/ 4030133/5300958.	8
Célula 2			Célula 3		
Operações	Família C	Total de referências	Operações	Família D	Total de referências
Chulear, Fixar velcro e unir sunga no short	4310018/5650050/ 5850001/5000407/ 5650047/5110021.	6	Aplicar viés, Alinhar e Refilar	5300755/5000367/ 5330037/5300975.	4

Fonte: Criação própria

3.2.5 Mensuração das distâncias percorridas

Como citado na etapa 2 deste capítulo, sabe-se que o processo de costura conta com 4 grupos de produção, que todos os grupos apresentam a mesma disposição das máquinas e que

essa disposição é por operação, caracterizando o *layout* do processo de costura como do tipo funcional.

Com o auxílio da figura 15, percebe-se que, cada grupo é composto por dois blocos de produção, cada bloco é composto por 10 máquinas de costura, os blocos são separados por um corredor de 1 metro de largura e para cada máquina de costura faz-se necessário o uso de uma mesa. Com o uso de uma trena de 5 metros e o auxílio de um operador do processo de costura, realizou-se medições para viabilizar o cálculo da movimentação de material dentro do processo e para viabilizar o cálculo das distâncias percorridas pelo material entre os processos do sistema produtivo.

Para o cálculo da movimentação de material dentro do processo de costura, inicialmente cruzou-se a descrição operacional de todas as referências de modelo selecionadas para o estudo com a disposição das máquinas em cada um dos 4 grupos de costura e após o cruzamento de informações, percebeu-se que dentro do processo de costura, a movimentação de material segue a seguinte equação:

Para grupo 1 e 4:

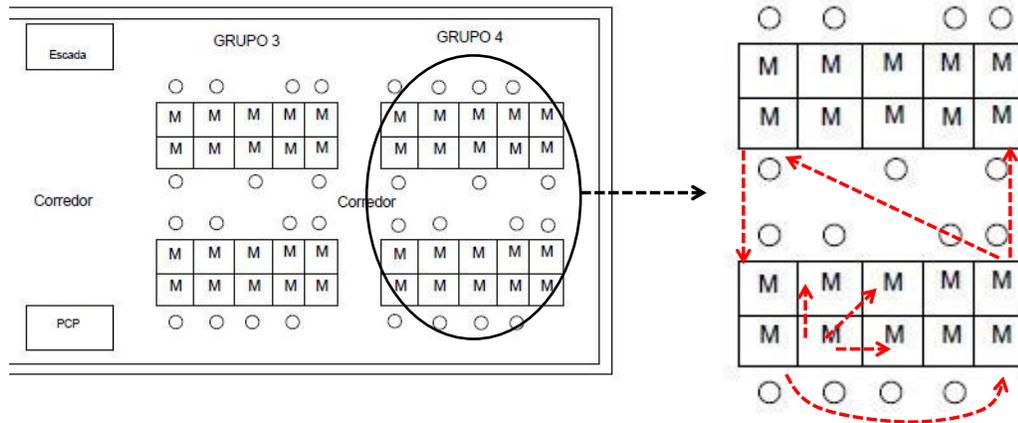
- Movimentação = (número de operações x 4,206 m) + 22 m

Para grupo 2 e 3:

- Movimentação = (número de operações x 4,206 m) + 12 m

Observa-se que o valor de 4,206 metros é a média das medidas de movimentação realizadas dentro de cada um dos 4 grupos de produção, em que foi considerado para tais medidas o percurso que o material realiza quando o mesmo sai de uma operação antecessora e entra na operação sucessora. A Figura 22 exemplifica quais movimentações foram medidas dentro de cada grupo para que fosse possível calcular a média de 4,206 metros.

Figura 22 - Movimentações medidas dentro de cada grupo



Fonte: Criação própria

Os valores de 22 metros e 12 metros que são acrescentados nas equações são referentes às distâncias percorridas pelo material para entrar nos grupos, ou seja, da escada (ponto de chegada e saída do processo de costura) até o grupo e para sair do processo de costura, ou seja, dos grupos até a escada. Observa-se ainda que todos os valores referentes às medições realizadas para o cálculo da movimentação apresentaram precisão justificando o uso da média de 4,206 metros.

Analisando a matriz produto x operações no seu estado inicial (figura 18), calculou-se que, em média, as referências de modelo selecionadas para o estudo passam por 7 operações. Usando a quantidade média de operações nas equações descritas acima, estimou-se a movimentação dentro do processo de costura quando as referências são produzidas nos grupos 1 e 4 e quando as referências são produzidas nos grupos 2 e 3. O quadro 10 mostra os resultados das movimentações estimadas para os grupos de produção e da movimentação média dentro do processo de costura na situação atual para a fabricação de uma unidade do produto.

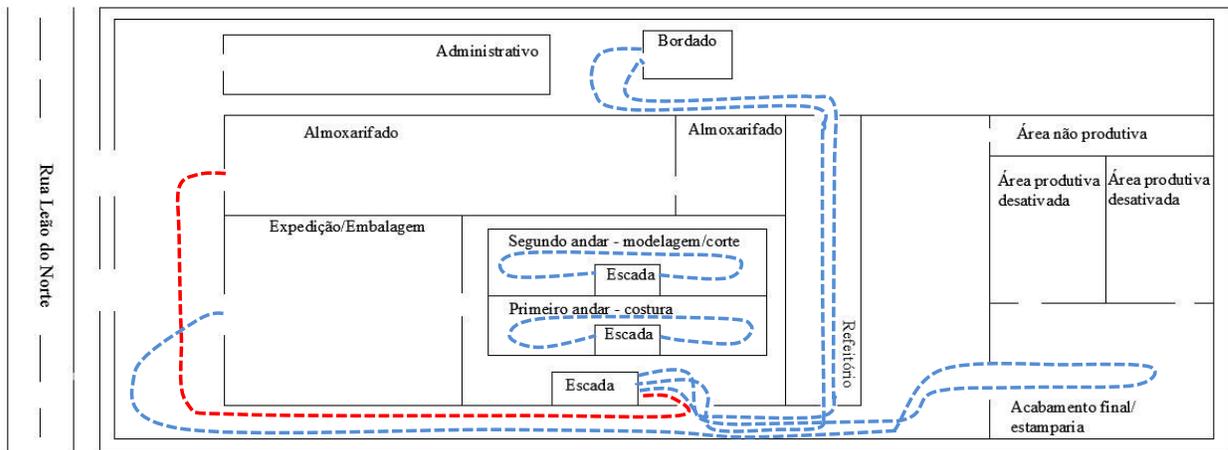
Quadro 10 - Movimentação média dentro do processo de costura layout atual

Grupo	Média de operações	Movimentação estimada(m)	Movimentação média (m)
1 e 4	7	51.442	46.442
2 e 3	7	41.442	

Fonte: Criação própria

Segundo informações cedidas pela gerente do processo de costura e como é possível ver através do fluxograma da figura 14, atualmente a empresa não produz itens que possuam bordado e estampa simultaneamente. Mediante tal realidade, ainda com o uso de uma trena de 5 metros e com o auxílio de um operador do processo de costura, foram realizadas medições para o cálculo das distâncias percorridas pelo material entre os processos do sistema produtivo, levando-se em consideração as duas características separadamente. As figuras 23 e 24 ilustram o deslocamento realizado e trazem o demonstrativo da distância total percorrida em cada situação.

Figura 23 - Diagrama de espaguete atual para modelos com bordado



Referências de modelo com bordado		
Percurso	Descrição do percurso	Distância(m)
1	Almojarifado -> modelagem/corte	44.5
2	Modelagem/corte -> bordado	47.9
3	Bordado -> modelagem/corte	47.9
4	Modelagem/corte -> costura	2.8
5	Dentro da costura	46.442
6	Costura -> acabamento final	44.6
7	Acabamento final -> Expedição/embalagem	66.9

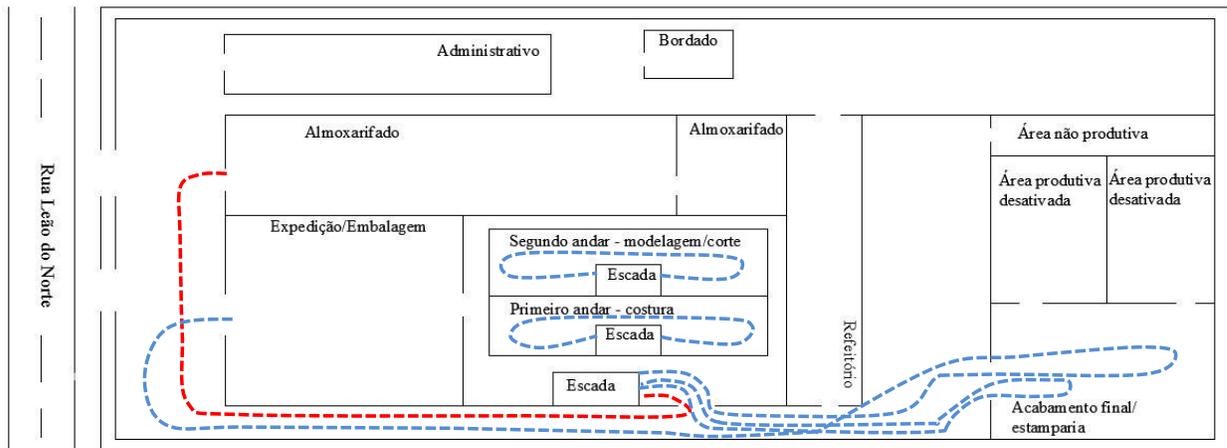
Legenda:

- - - - - Caminho até chegar na primeira etapa de transformação
- - - - - Caminho para etapas de transformação

Distância total (m)	301.042
----------------------------	----------------

Fonte: Criação própria

Figura 24 - Diagrama de espaguete atual para modelos com estampa



Referências de modelo com estampado		
Percorso	Descrição do percurso	Distância(m)
1	Almoxarifado -> modelagem/corte	44.5
2	Modelagem/corte -> Estamparia	47.7
3	Estamparia -> modelagem/corte	47.7
4	Modelagem/corte -> costura	2.8
5	Dentro da costura	46.442
6	Costura -> acabamento final	44.6
7	Acabamento final -> Expedição/embalagem	66.9
Distância total (m)		300.642

Legenda:

- Caminho até chegar na primeira etapa de transformação
- Caminho para etapas de transformação

Fonte: Criação própria

3.2.6 Rearranjo físico

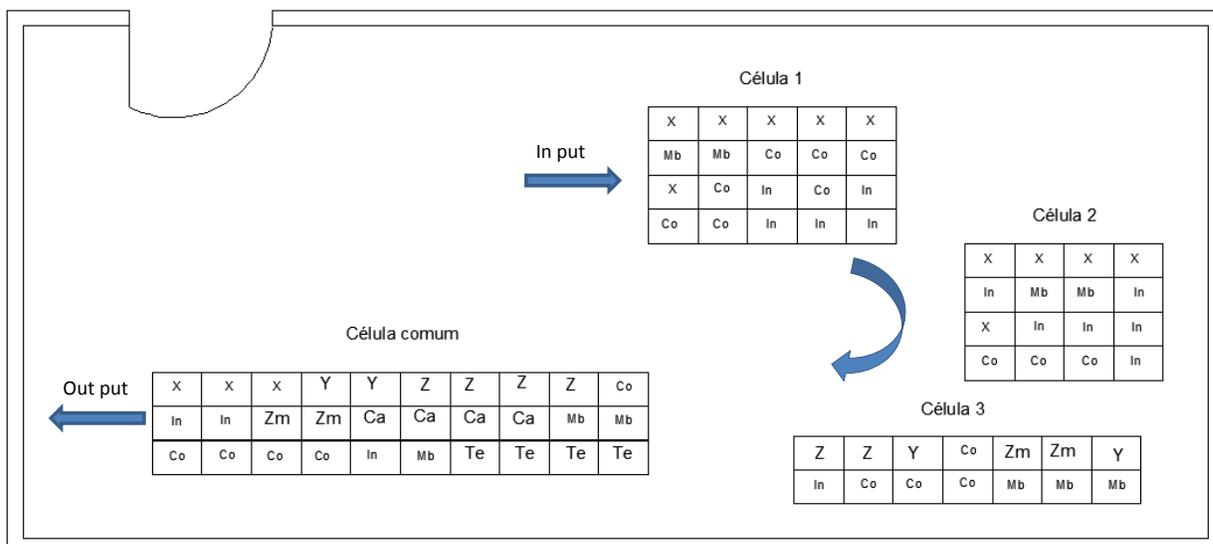
Enfim, neste momento do estudo, após analisar os diagramas de espaguete da situação atual da empresa, foi proposto um rearranjo físico visando a redução do desperdício com transporte e consequentemente dos desperdícios de espera e estoque em processo.

O rearranjo físico proposto consiste em alterar o *layout* do processo de costura de funcional para celular e realocar os processos produtivos, inclusive o de costura, de maneira que os mesmos estejam mais próximos, onde sempre se levou em consideração a área disponível dentro da empresa.

Para a modificação no processo de costura, utilizou-se o resultado obtido na etapa de formulação das células de produção deste capítulo, em que para o dimensionamento de cada célula, levou-se em consideração, além da área disponível, o tamanho das famílias, a quantidade de referências que passa por cada célula, a quantidade e quais operações realizadas em cada célula e dados qualitativos relacionados à variação de demanda e volume de produção cedidos

pela gerente da costura. Uma vez possuindo tais informações, buscou-se distribuir as máquinas de modo que esse recurso fosse bem utilizado. A figura 25 ilustra o *layout* celular proposto para o processo de costura e o quadro 11 traz o resumo do quantitativo das máquinas em cada célula de produção

Figura 25 - *Layout* celular proposto para processo de costura



Fonte: Criação própria

Quadro 11 - Quantitativo de máquinas por células de produção

Máquinas de costura		Máquinas na Célula comum (Und)	Máquinas na Célula 1 (Und)	Máquinas na Célula 2 (Und)	Máquinas na Célula 3 (Und)
Descrição	Símbolo				
2 agulhas	X	3	6	5	-
4 agulhas	Y	2	-	-	2
12 agulhas	Z	4	-	-	2
Costura reta	Co	5	7	3	4
Interlock	In	3	5	6	1
Zero max	Zm	2	-	-	2
Caseadera	Ca	4	-	-	-
Máquinas de braço	Mb	3	2	2	3
Travete eletrônica	Te	4	-	-	-
TOTAL		30	20	16	14

Fonte: Criação própria

Nota-se que com essa disposição, para que seja possível calcular a movimentação média realizada pelo material, faz-se necessário saber o comprimento de cada célula e por quantas células cada referência de modelo em estudo deve passar. A medida de comprimento das células pode ser determinada através da soma dos comprimentos das mesas que estão dispostas em “linha”. Existem 5 tipos distintos de mesas em uso no processo de costura, com a trena de 5 metros mediu-se todas e constatou-se que a variação de comprimento entre elas é muito pequena e por isso, para realizar o cálculo, utilizou-se a média dos seus comprimentos.

A tabela 1 traz o resultado da movimentação dentro das células de costura.

Tabela 1 – Movimentação dentro da célula de costura

	movimentação célula 1 (m)	Movimentação célula 2 (m)	Movimentação célula 3 (m)	Movimentação célula comum (m)
Comprimento médio das mesas	1.076	1.076	1.076	1.076
Quantidade de mesas(em linha)	5	4	7	10
movimentação média	5.38	4.304	7.532	10.76
TOTAL				27.976

Fonte: Criação própria

Ainda utilizando o resultado obtido na etapa de formulação de células de produção deste capítulo, observou-se a quantidade de células que cada referência frequentará para ser produzido. Levando-se em consideração o espaço físico existente, para o arranjo proposto, estabeleceu-se que as distâncias da *célula 1* para a *célula 2*, da *célula 2* para a *célula 3* e da *célula 3* para a *célula comum* são 2 metros, 1,5 metros e 2,5 metros, respectivamente.

Conhecendo-se a movimentação média dentro de cada célula, a quantidade de células que cada modelo vai passar e a distância existente entre as células, calculou-se a movimentação média dentro do processo de costura quando o mesmo apresentar o arranjo físico do tipo celular.

A figura 26 mostra o resultado da movimentação média dentro do processo de costura com disposição celular para a fabricação de uma unidade do produto.

Figura 26 - Movimentação média do processo de costura com arranjo celular

Processo de costura - <i>layout</i> celular								
	Referências	Célula 1	Célula 2	Célula 3	Célula Comum	Distância total entre células (m)	Movimentação total por família (m)	Movimentação média dentro do processo (m)
Família A	5320238				x	0	129.12	19.02693333
	5330032				x			
	5330036				x			
	5110016				x			
	5320232				x			
	5110009				x			
	5320234				x			
	5000364				x			
	5110027				x			
	5110022				x			
	5110023				x			
5110020				x				
Família B	4310016	x	x	x	x	28.5	165.704	19.02693333
	5650048	x	x	x	x			
	5000404	x	x		x			
	5650046	x	x		x			
	5000432	x	x		x			
	5300922	x			x			
	4030133	x			x			
5300958	x			x				
Família C	4310018	x	x	x	x	36	145.26	19.02693333
	5650050	x	x	x	x			
	5850001	x	x	x	x			
	5000407	x	x		x			
	5650047	x	x		x			
5110021	x	x		x				
Família D	5300755	x			x	13.5	52.724	19.02693333
	5000367			x	x			
	5330037			x	x			
	5300975			x	x			

Fonte: Criação própria

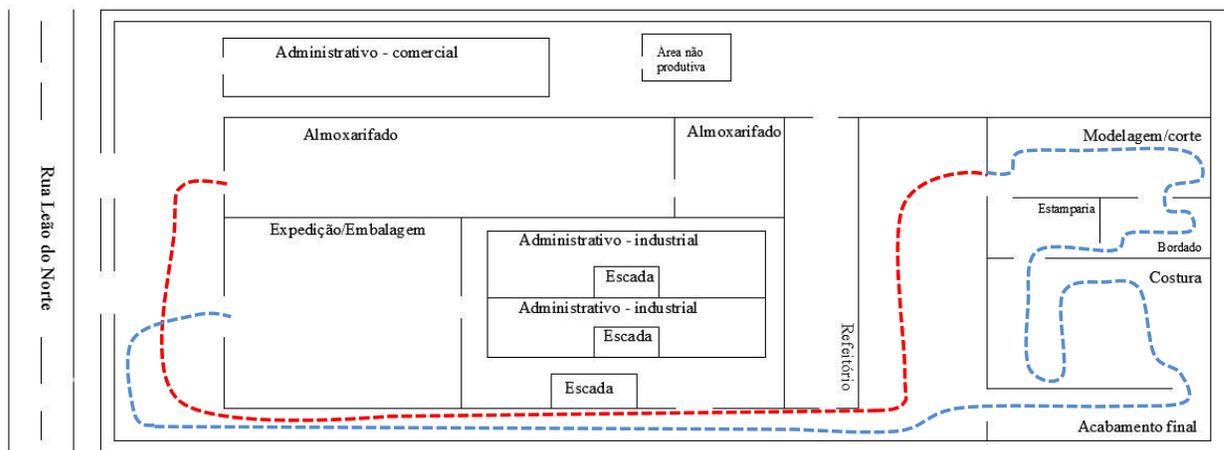
Por meio do diagrama de espagete atual, percebe-se que a empresa conta com duas áreas produtivas desativadas dentro do galpão onde acontece a estamparia e o acabamento final. Como citado anteriormente, essas áreas são referentes a dois grupos de costura que existiram no passado. Com o uso da trena de 5 metros chegou-se a conclusão que a área do galpão é de aproximadamente 227 m².

Após a realização das medições, notou-se que a área disponível neste galpão está sendo mal utilizada, pois o processo de estamparia resume-se em uma máquina de estampa, onde para

instalar e operar a mesma faz-se necessário uma área de apenas 9 m² e para a realização dos acabamentos finais faz-se necessário uma área de apenas 35,4 m².

Portando, primeiramente, foi proposto que os processos de modelagem/ corte e costura, que estão dispostos de maneira vertical em um prédio de dois andares fossem realocados neste galpão. Visto que a área não produtiva localizada próximo ao galpão não está sendo bem utilizada, observou-se que existe a possibilidade de aumentar a área do galpão de aproximadamente 227 m² para aproximadamente 280 m² o que conseqüentemente possibilita trazer também para dentro do galpão a etapa de bordado resumindo todas as etapas de transformação do sistema produtivo dentro de um mesmo galpão. As figuras 27 e 28 ilustram o arranjo físico proposto nesta etapa do estudo.

Figura 27 - Diagrama de espaguete futuro para modelos com bordado



Referências de modelo com bordado		
Percurso	Descrição do percurso	Distância(m)
1	Almoarifado -> modelagem/corte	77.95
2	Modelagem/corte -> bordado	5
3	Bordado -> Costura	15.7
4	Dentro da costura	19.02
5	Costura -> acabamento final	2
6	Acabamento final -> Expedição/embalagem	66.9

Legenda:

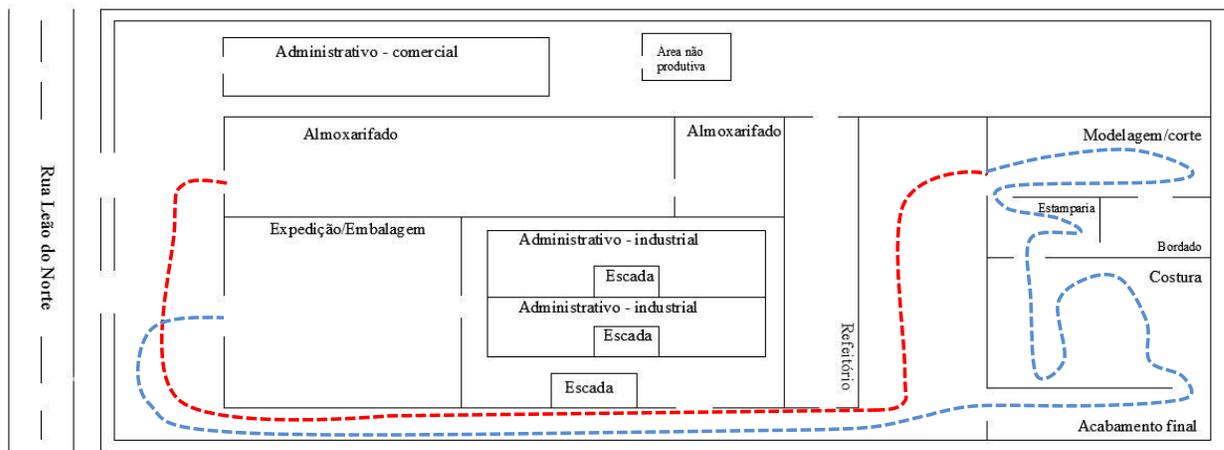
----- Caminho até chegar na primeira etapa de transformação

----- Caminho para etapas de transformação

Distância total (m)	186.57
----------------------------	---------------

Fonte: Criação própria

Figura 28 - Diagrama de espaguete futuro para modelos com estampa



Referências de modelo com estampado		
Percurso	Descrição do percurso	Distância(m)
1	Almojarifado -> modelagem/corte	77.95
2	Modelagem/corte -> Estamparia	5
3	Estamparia -> Costura	3
4	Dentro da costura	19.02
5	Costura -> acabamento final	2
6	Acabamento final -> Expedição/embalagem	66.9

Distância total (m)	173.87
----------------------------	---------------

Legenda:

- - - - - Caminho até chegar na primeira etapa de transformação
- - - - - Caminho para etapas de transformação

Fonte: Criação própria

3.3 Considerações finais

Portanto, nota-se que, além da redução de desperdícios, a realização adequada de um projeto de *layout* pode auxiliar a administração dos processos produtivos de uma fábrica deixando os fluxos mais simples sem perder a eficácia. O arranjo físico atual, mesmo com uma área produtiva maior do que a proposta apresenta incoerências no fluxo produtivo, como ter que transitar com material por dentro do refeitório, que acabam impactando negativamente para a transformação do produto e tais incoerências podem ser eliminadas ou minimizadas quando realiza-se um projeto mais robusto.

Através do Quadro 12, percebe-se que a alteração proposta para o processo de costura é válida, pois implicará em mais de 50% de redução de movimentação de material dentro do processo sem que seja necessário qualquer tipo de investimento por parte da empresa visto que a mesma já possui a área necessária para tal transformação e que a transposição das máquinas não

será um problema, pois para isso não se faz necessário a contratação de caminhão *munck*, guindaste ou algo relacionado.

Tabela 1 - Resultado proposto para o processo de costura

Arranjo físico celular				
Movimentação de material	Funcional (m)	Celular proposto (m)	Diferença (m)	% redução
Para um produto (bermuda)	46.442	19.02	27.422	59.04

Fonte: Criação própria

Por meio do Quadro 13, observa-se que a proposta também é válida para a realocação dos processos produtivos, pois em ambos os casos a redução do desperdício com o transporte é significativa, porém, para que seja possível unir o bordado ao restante dos processos, será necessário investimento por parte da empresa visto que se faz necessário obras civis no galpão.

Tabela 2 - Resultado proposto para arranjo físico do sistema produtivo

Arranjo físico sistema produtivo				
Transporte de material	Atual (m)	Proposto (m)	Diferença (m)	% redução
Modelos com bordado	301.042	186.57	114.472	38.02
Modelos com estampado	300.642	173.87	126.772	42.16

Fonte: Criação própria

4 CONCLUSÕES

No decorrer do estudo, o trabalho teve como objetivo reduzir desperdícios em uma confecção de pequeno porte, onde para tal fim, foi necessário elaborar células de produção para o setor de costura, coletar dados para a elaboração das mesmas e reduzir as distâncias existentes entre as etapas produtivas, como descrito a seguir.

Para a elaboração das células de produção, o trabalho limitou-se na utilização do método matemático ROC, em que foram inseridas informações referentes a fabricação de cada modelo em uma matriz que cruza os produtos com as operações para, posteriormente, através da utilização do método, realizar permutações nas linhas e nas colunas da mesma objetivando a sua diagonalização.

Posteriormente, foi proposto um rearranjo físico visando aproximar os processos produtivos, inclusive a costura, de maneira que os espaços físicos disponíveis na empresa fossem melhor utilizados. Para os cálculos de movimentações dentro da costura limitou-se em utilizar as médias das medições realizadas, onde o motivo foi a grande quantidade das mesmas e a impossibilidade acessar determinados pontos da empresa.

Apesar de observar através dos resultados obtidos, que de fato o *layout* celular proposto para o processo de costura terá um caráter híbrido (um produto tendo que passar por mais de uma célula de produção para ser transformado), o que não é proposta do arranjo físico do tipo celular puro, notou-se que os objetivos buscados neste estudo foram atingidos, pois a redução do transporte de material alcançou valores significantes como pode ser visto no capítulo 3 deste trabalho e como uma parcela do tempo de espera dos produtos que formam estoque em processo é devida ao transporte de material, conseqüentemente ambos os desperdícios também têm perspectiva de redução.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização do rearranjo proposto para se constatar o impacto das reduções dos desperdícios em outros setores da empresa e a utilização de um software para a realização das permutações na matriz, pois assim será possível analisar uma matriz de maiores proporções.

REFERÊNCIAS

- BOUZON, M.; RODRIGUEZ, C.; QUEIROZ, A. **Aplicação de *layout* celular na recuperação de produtos: Uma proposta *lean* para aumentar a eficiência na remanufatura.** 3rd International workshop advances in cleaner production, São Paulo, SP, 2011.
- CORRÊA, H.; CORRÊA, C. **Administração de produção e operações-manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica.** 2. Edição, São Paulo: Atlas S.A., 2011.
- CORRÊA, H.; GIANESI, I. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico.** 2. Edição, São Paulo: Atlas S.A., 1996.
- GONÇALVES FILHO, E.; TIBERTI, A. **A group genetic algorithm for the machine cell formation problem.** International journal of production economics, University of São Paulo, São Carlos Engineering School, São Carlos, 2006.
- GONÇALVES FILHO, E. **Projeto de células de fabricação.** Nota de aula, São Carlos, 2007.
- HERAGU, S. **Group Technology and Cellular Manufacturing.** Transactions on systems, man and cybernetics. v24, New York, 1994.
- INSTITUTE FOR INNOVATION AND IMPROVEMENT. **Quality and Service Improvement Tools: Spaghetti Diagram.** Disponível em: <http://www.institute.nhs.uk>. Acessado em 15 de novembro de 2012.
- LUIZ, E. **Gestão em processos produtivos.** 1. Edição, Curitiba: Ibplex, 2008.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da produção.** v4. 1. Edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- KING, J. **Machine-grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm.** International journal of production research, London, 1980
- MOURA, R. **Kanban – A simplicidade do controle da produção.** 1. Edição, São Paulo: Imam, 1999.
- PARANHOS, M. **Gestão da produção industrial.** 1. Edição, Curitiba: Ibplex, 2007.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção.** 2. Edição, Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SILVA, A.; RENTES, A. **Tornando o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas num ambiente de multi-produtos: Um estudo de caso.** XXII Encontro nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Curitiba, PR, 2002.

SILVA, Alessandro Lucas da. **Desenvolvimento de um modelo de análises e projeto de *layout* industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para produção enxuta.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** Edição compacta, São Paulo: Atlas S.A., 2006.

TUBINO, D. **Planejamento e controle da produção: Teoria e prática.** 1. Edição, São Paulo: Atlas S.A., 2007.