

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RAFAEL JOSE LARINI PITONDO**

**ANÁLISE DE BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO: UM  
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**RAFAEL JOSE LARINI PITONDO**


**ANÁLISE DE BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO: UM  
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Yslene Rocha Kachba

**PONTA GROSSA**

2016

	<p>Ministério da Educação <b>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</b> <b>CÂMPUS PONTA GROSSA</b> Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	---	---

## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC**

Análise de balanceamento de linha de produção: um estudo de caso na indústria de laticínios

por

*Rafael Jose Larini Pitondo*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 09 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dra. Yslene Rocha Kachba**

Prof. Orientador

---

**Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia**

Membro titular

---

**Prof. Msc. Ana Maria Bueno**

Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)”.

## RESUMO

PITONDO, Rafael Larini. **Análise de balanceamento de linha de produção:** Um estudo de caso na indústria de laticínios. 2016. 79 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O presente trabalho caracteriza-se pela apresentação dos modelos de arranjo físico existentes e dos modelos heurísticos factíveis de modelagem computacional para a possível implementação em uma linha de produção dentro de um laticínio localizado no Tocantins. Para análise dessa viabilidade foram considerados fatores como tempo de operação das máquinas, capacidade de produção da linha e quantidade de funcionários, que foram utilizados nos cálculos do balanceamento de linha. Finalmente, para identificação do balanceamento ideal, foram modelados alguns métodos heurísticos em um *software* de modelagem para identificar aquele que mais se enquadra nas características da empresa estudada e que é suscetível de aplicabilidade. Após os cálculos de balanceamento e a modelagem, observou-se que o modelo ideal é o *Ranked Positional Weight*, visto que ele apresenta os melhores resultados dentro das características da empresa.

**Palavras-chave:** *Layout*. Modelos heurísticos. Simulação. Balanceamento de linha.

## **ABSTRACT**

PITONDO, Rafael Larini. **Assembly line balancing analysis:** A case study in the dairy industry. 2016. 79 pages. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2016.

The current work is characterized by the presentation of physical arrangement models and heuristics models that can be modeling by computation for possible implementation in an assembly line in a dairy factory located in Tocantins. For analysis of this feasibility, some factors will be considered such as operating time of machines, production line capacity and number of employees, which will be used for the assembly line balancing. Finally, to identify the ideal assembly line balancing, will be modeled some heuristics methods on a modeling software to identify the one that best fits the characteristics of the company that have been studied and which is capable of applicability. After using the software, the study has showed that the best method is Rank Positional Weight, as it has the best results that matches with the company's structure.

**Keywords:** Layout. Heuristics models. Simulation. Assembly line.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de <i>layout</i> posicional.....	23
Figura 2 – Exemplo de <i>layout</i> por processo .....	25
Figura 3 – Sequência de processamento de papel .....	27
Figura 4 – Exemplo de <i>layout</i> por produto .....	27
Figura 5 – Exemplo de <i>layout</i> celular .....	29
Figura 6 – Exemplo de um complexo de restaurante com os quatro tipos básicos de arranjo físico.....	30
Figura 7 – Diagrama de precedência dividido em colunas pelo método <i>Kilbridge e Wester</i> .....	35
Figura 8: Balanceamento de linha para produto simples e multiprodutos. ....	36
Figura 9 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo muçarela .....	42
Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo tropical .....	43
Figura 11 – Fluxogram do processo produtivo do queijo tipo fresco .....	44
Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo provolone .....	46
Figura 13 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo parmesão .....	47
Figura 14 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo coalho .....	48
Figura 15 – Modelagem do método <i>Ranked Positional Weight</i> .....	61
Figura 16 – Resultado do número de operadores necessários em cada posto de trabalho .....	62
Figura 17 – Modelagem do método <i>Largest Candidate Rule</i> .....	63
Figura 18 – Resultado no número de operadores necessários em cada posto de trabalho .....	63
Figura 19 – Modelagem do método <i>Kilbridge &amp; Wester</i> .....	64
Figura 20 – Resultado do número de operadores necessário em cada posto de trabalho .....	65
Figura 21 – Modelagem do método <i>Ranked Positional Weight</i> no <i>software</i> FlexSim.....	67
Figura 22 – Detalhamento da espera entre um processo e outro na linha de produção modelado no <i>software</i> FlexSim .....	68

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tipos de Processos em Manufatura .....	21
Gráfico 2: Quantidade produzida (kg) para cada variedade de queijo no mês de abril de 2016 .....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre os tipos de processos versus tipos de arranjos físicos.....	22
Quadro 2 – Planejamento de arranjo físico funcional.....	25
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens dos tipos básico de <i>layout</i> .....	31
Quadro 4 – Quantidade de peças por lote de produção.....	55
Quadro 5 – Modelo de balanceamento <i>Ranked Positional Weight</i> .....	57
Quadro 6 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo <i>Ranked Positional Weight</i> .....	58
Quadro 7 – Modelo de balanceamento <i>Largest Candidate Rule</i> .....	58
Quadro 8 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo <i>Largest Candidate Rule</i> .....	59
Quadro 9 – Modelo de balanceamento de <i>Kilbridge &amp; Wester</i> .....	59
Quadro 10 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo <i>Kilbridge &amp; Wester</i> .....	59



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de funcionários por turno .....	49
Tabela 2 – Lista de equipamentos utilizados para a fabricação de queijo .....	50
Tabela 3 – Relação entre litros de leite/peça de queijo .....	53
Tabela 4 – Relação entre a quantidade de leite destinada a cada tipo de queijo .....	53
Tabela 5 – Tempo de utilização de cada máquina na linha de produção.....	54
Tabela 6 – Quantidade de peças produzida (u) por método .....	66

## LISTA DE SIGLAS

FLP	<i>Facility Layout Planning</i>
LCR	<i>Largest Candidate Rule</i>
N	Número de estações de trabalho
PW	<i>Positional Weight</i>
RPW	<i>Ranked Positional Weight</i>
TC	Tempo de ciclo
TORPW	Taxa de ocupação <i>Ranked Positional Weight</i>
TOLCR	Taxa de ocupação <i>Largest Candidate Rule</i>
TOKW	Taxa de ocupação <i>Kilbridge &amp; Wester</i>

## LISTA DE ACRÔNIMOS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PIB	Produto Interno Bruto
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 LAYOUT.....	17
2.1.1 Definição.....	17
2.1.2 Vantagens de um <i>layout</i> .....	18
2.2 TIPOS DE PROCESSOS EM MANUFATURAS .....	20
2.3 TIPOS BÁSICOS DE LAYOUT.....	22
2.3.1 <i>Layout</i> posicional .....	22
2.3.2 <i>Layout</i> por processo .....	23
2.3.3 <i>Layout</i> por produto.....	26
2.3.4 <i>Layout</i> celular.....	28
2.3.5 <i>Layout</i> híbrido .....	30
2.4 BALANCEAMENTO DE LINHA .....	32
2.4.1 Método <i>Ranked Positional Weight</i> .....	33
2.4.2 Método <i>Largest Candidate Rule</i> .....	34
2.4.3 Método <i>Kilbridge &amp; Wester</i> .....	34
2.5 BALANCEAMENTO DE LINHA PARA MULTIPRODUTOS.....	35
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	37
3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	37
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	38
3.4 MODELAGEM DOS DADOS .....	38
3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
3.6 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>41</b>
4.1 ANÁLISE DA EMPRESA.....	41
4.1.1 Muçarela.....	41
4.1.2 Tropical.....	43
4.1.3 Fresco .....	44
4.1.4 Provolone .....	45
4.1.5 Parmesão .....	47
4.1.6 Coalho.....	48
4.2 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO BALANCEAMENTO DE LINHA.....	49

4.2.1 Caracterização do produto .....	50
4.2.2 Cálculo do tempo de ciclo .....	52
4.2.3 Cálculo do número de operadores .....	54
4.3 APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO .....	56
4.4 MODELAGEM DO BALANCEAMENTO.....	66
4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS .....	68
4.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	69
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTA .....</b>	<b>78</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em um mundo altamente globalizado e competitivo, as empresas precisam desenvolver sistemas cada vez mais eficazes, afim de maximizar seus rendimentos e garantir uma parcela significativa de clientes. Aquelas que não se desenvolvem, acabam sendo esmagadas pelas concorrentes e perdem seu espaço no mercado.

Segundo uma pesquisa feita pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), no Brasil, micro e pequenos empreendimentos respondem por 27% do Produto Interno Bruto (PIB). Tendo em vista esse alto índice, percebe-se o quanto é importante que essas empresas permaneçam competitivas e realizem novos investimentos para ampliar sua presença no cenário econômico em questão.

O relatório de perspectivas de investimento feito pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) em 2015 afirma que o setor alimentício é um ramo de grande importância para a atual economia brasileira, pois ele se destaca por ser um dos setores mais dinâmicos, tendo papel também no comércio exterior do país, onde apenas o agronegócio gerou um superávit comercial de aproximadamente US\$ 82 bilhões. Sendo assim, as pequenas empresas alimentícias devem ter seu papel econômico reconhecido, tornando relevante estudos que visem melhorar seu processo de produção.

Dentro da indústria de transformação, na qual a indústria de alimentos está inserida, micro e pequenas empresas correspondem a 14,8% do total de empresas na região Norte do país, segundo o relatório “Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira”, publicado pelo SEBRAE em 2015. A maioria delas não possuem nenhum tipo de pesquisa ou estudo que ajudem no seu processo de otimização e, nesses casos, é alto o número de empresas que acabam gastando mais do que o necessário para que possam produzir seus produtos e para que sua linha de produção seja eficiente.

O *layout* é uma das áreas de estudo que pode ser levantado como área propícia a mudanças de melhoria por esse ramo industrial. Existem *softwares* que auxiliam nos estudos das propostas de melhorias de *layout*, onde é possível analisar uma série de

mudanças antes delas serem implementadas e quais seriam os comportamentos que a linha de produção assumiria com a sua implementação.

Dentro do universo das micro e pequenas empresas, o uso de um software como esse se torna vantajoso devido ao seu baixo custo de licença para uso, sendo possível ainda encontrar versões gratuitas que podem ser usadas, dependendo da complexidade do projeto que será implementado.

O trabalho em questão tem como foco responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais são as melhorias observadas no desenvolvimento de um novo *layout* para a linha de produção de multiprodutos em uma pequena empresa alimentícia no estado do Tocantins?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o espaço físico da área produtiva atual de um laticínio de pequeno porte, estudando a possibilidade de proposta de um novo balanceamento de linha.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear o processo atual;
- Analisar os modelos de arranjos possíveis para implantação;
- Modelar um novo cenário do processo produtivo, através de um *software* de modelagem;
- Analisar o novo balanceamento de linha e propor melhorias para a operação.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Esse trabalho justifica-se pela melhoria que uma proposta de balanceamento de linha pode proporcionar para uma fábrica de produtos alimentícios, uma vez que

ela reduz custos de produção, otimiza o trabalho dos funcionários e garante um melhor fluxo das linhas de operação.

Tompkins *et al.* (1996) destaca que o planejamento de *layout* das instalações, conhecido por *faciity layout planning* (FLP) tem por objetivo a redução dos custos operacionais. Sabe-se que entre 15-70% do total dos custos operacionais possuem um envolvimento direto ou indireto com o *layout* e, uma melhoria nessa área pode reduzir esses custos em até 30%.

Investir em alta tecnologia e *softwares* avançados é extremamente difícil para as pequenas empresas, devido principalmente, ao alto custo envolvido nesses processos. Uma alternativa possível é o investimento em propostas de melhoria nos processos já existentes, onde o investimento necessário é mais baixo e ainda sim, alcança bons resultados.

Uma má escolha de *layout* pode ocasionar atrasos na produção, perdas financeiras e dificuldade de realização das tarefas dos funcionários e, além de tudo, um mal balanceamento da linha de produção. Nesse sentido, é importante adequar o arranjo físico às características dos funcionários, de acordo com suas disposições ao longo da linha de produção para que não exista ociosidade nem risco de acidente de trabalho.

Segundo Jiang e Nee (2013), uma das maneiras de facilitar a criação de um arranjo físico é a utilização de algoritmos e de *softwares* de realidade virtual. Essas ferramentas de realidade virtual proporcionam uma abordagem mais real do FLP, onde é possível mesclar conhecimento e experiência num modelo de *layout* e testar sua eficiência antes mesmo de ser implementado. Um fluxo de operação bem alinhado com as características da empresa pode ser testado por *software* antes de ser colocado em prática.

Nesse sentido, destaca-se a importância do estudo de implantação de um novo balanceamento, visando uma melhor ambientação dentro de uma pequena empresa, onde busca-se encontrar o melhor balanceamento de linha capaz de maximizar a produção diária dos diversos produtos fabricados diariamente, reduzir os custos fabris e otimizar a capacidade de trabalho dos funcionários. Além disso, a empresa é pequena e não conta com nenhum tipo de estudo para otimização de processos.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Jiang e Nee (2013) afirmam que, afim de acompanhar a rápida modernização industrial, onde a produção está em constante mudança, as empresas necessitam trabalhar com a possibilidade de reconfiguração de seus *layouts* seguindo estas características:

- Ter atenção especial com instalações já existentes, pois estas podem tornar o processo crítico por impossibilidade de mudanças;
- Procurar exercer tarefas de pequenas escalas, como a remoção e a adição de um número de máquinas.

É difícil para uma empresa estar sempre conectada com as mudanças tecnológicas que ocorrem naturalmente e, mais difícil ainda utilizar-se dessas tecnologias a seu favor. Yuan (2012) afirma em seu artigo que um sistema moderno de manufatura depende não somente de recursos flexíveis e automatizados, mas também de fontes ligadas à tecnologia. Sendo assim, é importante alinhar o desenvolvimento de um arranjo físico à um *software* capaz de atender à essas características.

### 2.1 LAYOUT

A fim de compreender a aplicação de um arranjo físico e seus impactos dentro de uma indústria do ramo alimentício, se faz necessário definir o que é *layout* e quais são os tipos de *layout* existentes na indústria, bem como seus objetivos e aplicabilidades.

#### 2.1.1 Definição

A origem do *layout* como o estudo do uso das instalações industriais foi dada na Idade Média, quando artesãos se utilizavam de oficinas para a fabricação de suas armas ou de instrumentos de montaria. Apesar desse início precoce, apenas na metade do século XX é que esse conceito começou a ser estudado mais a fundo, visto o aumento na educação e na força de trabalho, fazendo com que as indústrias da

época começassem a se preocupar com a otimização dos processos fabris (LEE, 2006).

O arranjo físico da fábrica procura a disposição mais econômica da área de operação, conservando-se segura e satisfatória para os empregados; um arranjo de homens produtivos, materiais, máquinas e suas atividades correlatas, que produzirão um produto a um custo suficientemente baixo que permita uma venda lucrativa num mercado competitivo (PUGLIESI e Walter, 1989, v.1, p. 12).

Rocha (1995) define *layout* como sendo a disposição de equipamentos e máquinas, postos de trabalho, funcionários e outros fatores que ocupam o espaço físico na fábrica, distribuindo-os de forma a maximizar a funcionalidade do processo produtivo e otimizar o ambiente de trabalho.

Segundo Ballou (2011), o *layout* industrial é uma estrutura disposta por homens, máquinas e materiais, que juntamente integram o fluxo de materiais e o manuseio dos equipamentos que precisam de espaço adequado para movimentação, para que a armazenagem ocorra dentro do padrão de economia e rendimento.

Um mau planejamento do *layout* industrial pode gerar um prejuízo financeiro devido ao aproveitamento incorreto do espaço da linha de produção, o que pode ocasionar um fluxo de materiais ineficiente e inadequado (MARTINS, 2001; BALLOU, 2004).

*Layout* pode ser definido como planejamento e integração dos meios que concorrem para a produção obter a mais eficiência e econômica inter-relação entre máquinas, mão-de-obra e movimentação de materiais dentro de um espaço disponível (MOURA, 2008, v.1, p.118).

O arranjo físico da fábrica é representado pelo equipamento industrial e como sua disposição se dá na linha de produção, incluindo o espaço necessário para a movimentação de qualquer atividade ou serviço dependente das suas locações, esteja ele no arranjo instalado ou apenas em projeto (PUGLIESI e WALTER, 1989).

### 2.1.2 Vantagens de um *layout*

Segundo Corrêa e Corrêa (2008) um *layout* apresenta as seguintes vantagens:

- Minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais;

- Apoiar o uso eficiente da mão-de-obra, evitando que este se movimente desnecessariamente;
- Facilitar a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação quando adequado;
- Reduzir tempos de ciclo dentro da operação, garantindo fluxos mais linearizados, sempre que possível e coerente com a estratégia;
- Facilitar a entrada e saída de materiais;
- Incorporar medidas de qualidade e atender melhor às exigências legais de segurança no trabalho;
- Facilitar acesso visual às operações quando adequado;
- Encorajar determinados fluxos;
- Auxiliar na criação de determinadas percepções nos clientes.

Somando-se ainda a essas vantagens, Pugliesi e Walter (1989) também elencaram uma série de vantagens que são ocasionadas em decorrência da aplicação de um bom *layout*.

- Maior utilização do equipamento, da mão-de-obra e do serviço;
- Aumento da produção, pois arranjo adequado possibilita um melhor fluxo do produto em processo;
- Economia de espaço, o *layout* adequado possibilita uma menor quantidade de material em processo, uma disposição racional das seções e as distâncias são minimizadas;
- Menos manuseio. Um bom *layout* garante a continuidade do fluxo;
- Redução do risco a saúde dos empregados. Barulho, combustível, iluminação, ventilação, etc.
- Melhora na moral dos empregados, pois um bom arranjo significa ordem e limpeza;
- Influência benéfica na qualidade do produto;
- Redução do inventário em processo;
- Redução do tempo de manufatura;
- Redução dos custos indiretos com uma menor necessidade de controles intermediários;

- Facilidade de supervisão;
- Menor congestionamento e confusão;
- Redução das quebras;
- Melhor ajustamento as mudanças (previstas em estudos) e, por conseguinte, maior flexibilidade.

De acordo com Shingo (1996), a melhoria de um *layout* é gradual e separada por etapas. A disposição das máquinas na linha de produção deve ser de acordo com o fluxo do processo e não por tipo de máquina (por exemplo, uma seção apenas com prensas, outra com tornos). Essa melhoria gradual proporciona os seguintes benefícios:

- Eliminação de horas-homem de transporte;
- Feedback de informação referente à qualidade mais rápido, para ajudar a reduzir os defeitos;
- Redução de horas-homem ao diminuir ou eliminar esperas de lote ou de processo;
- Redução do ciclo de produção.

## 2.2 TIPOS DE PROCESSOS EM MANUFATURAS

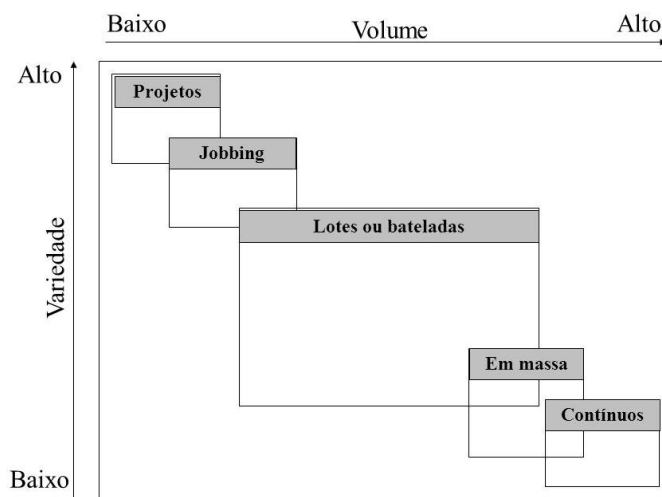
Antes de definir quais são os tipos de arranjo físico existentes e qual é o mais adequado para cada caso, é necessário que se defina os tipos de processos em manufatura, uma vez que cada tipo de *layout* pode ser designado para um tipo de processo diferente.

Segundo Slack *et al.* (1996), existem cinco tipos de processos na manufatura, estando eles relacionados com o volume de produção e a variedade de produtos. Os tipos de processos estão listados abaixo e o gráfico 1 apresenta a relação entre volume e variedade para os tipos de processos existentes:

- Processos de projeto: possuem início e fim bem determinados, mas o período entre eles é longo, sendo, portanto caracterizados por baixo volume e alta variedade. Como exemplo pode ser citado a construção de navios;
- Processos de *jobbing*: semelhante aos processos de projeto, os processos de *jobbing* também possuem baixo volume, porém deve ocorrer um

compartilhamento de recursos da operação entre todos os processos. Restauradores de móveis e alfaiates podem ser usados para exemplificar esse tipo de processo;

- Processos em lotes ou bateladas: por depender do tamanho do lote, podem apresentar volumes de produção maiores que os outros processos, uma vez que o lote não possui uma quantidade máxima de produção. Um exemplo desse tipo de processo é uma linha de produção de alimentos congelados;
- Processos de produção em massa: alto volume e baixa variedade são as duas principais características dos processos de produção em massa, não havendo diferenças significativas nos produtos. As montadoras de veículos utilizam-se desse processo para a confecção de carros, uma vez que é muito mais viável se produzir uma quantidade grande de carros iguais de uma única vez, do que produzir um *mix* de modelos;
- Processos contínuos: essa classificação é designada a processos que operam volumes ainda maiores e em menor variedade do que os processos de produção em massa. A grande maioria desses processos possuem uma produção ininterrupta, de onde vem a classificação do nome, onde não é possível parar o processo no meio. Exemplo desse tipo de processo são refinarias petroquímicas.



**Gráfico 1 – Tipos de Processos em Manufatura**  
 Fonte: Slack *et al.* (1996)

De acordo com o Gráfico 1, verifica-se a relação inversamente proporcional que existe entre variedade e volume nos processos em manufatura, onde aqueles que

se encontram mais à esquerda são característicos de peças mais elaboradas e aqueles à direita são de características mais comuns e de alto volume.

## 2.3 TIPOS BÁSICOS DE *LAYOUT*

A maioria dos *layouts* industriais existentes derivam de quatro tipos básicos: *layout* posicional, *layout* por processo, *layout* por produto e *layout* celular.

Cada tipo de processo não tem um tipo de *layout* pré-determinado. (Slack *et al.*, 1996). O Quadro 1 ajuda a exemplificar melhor as relações que podem surgir entre eles.

Tipo de processo	Arranjo Físico
Por projeto	Posicional
<i>Jobbing</i>	Posicional / Por processo
<i>Batch</i> (batelada)	Por processo / Celular
Em massa	Celular
Contínuo	Por produto

**Quadro 1 – Relação entre os tipos de processos *versus* tipos de arranjos físicos**  
**Fonte: Slack *et al.* (1996)**

É possível identificar através do Quadro 1 que um tipo de processo pode apresentar um ou mais arranjos físicos, portanto deve ser feita uma análise detalhada de cada caso antes de se definir qual o modelo que será utilizado.

### 2.3.1 *Layout* posicional

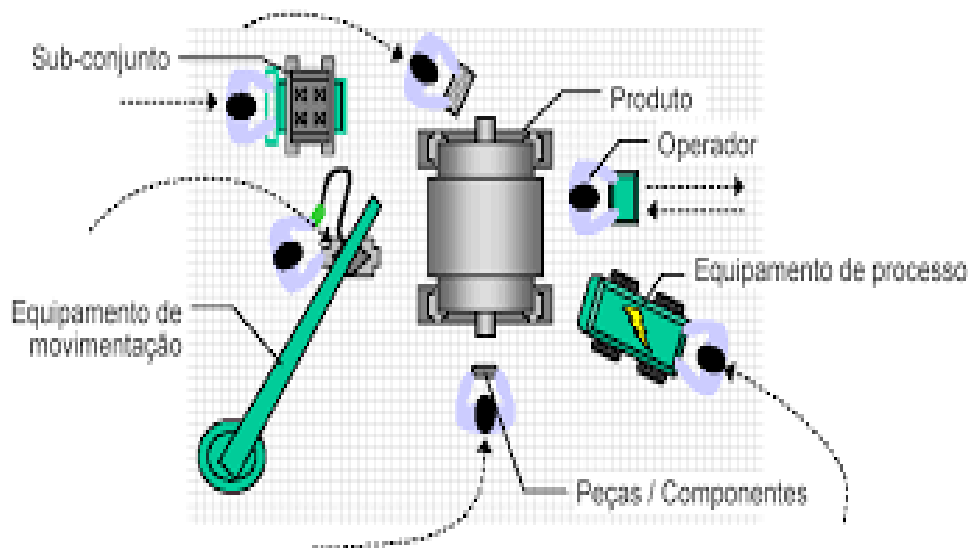
De acordo com Moreira (2002), uma das principais características do *layout* posicional (também conhecido como *layout* de posição fixa) é a baixa produção, onde se trabalha com uma unidade do produto e baixo grau de padronização. Nesse caso, é raro encontrar produtos semelhantes.

Em vez de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se de e para a cena do processamento na medida do necessário (SLACK, 1996, pg 163).

Corrêa e Corrêa (2008) cita alguns exemplos de onde este *layout* pode ser aplicado, uma vez que sua eficiência é baixa, pois são gerados produtos únicos ou em pequenas quantidades:

- Construção civil;
- Estaleiros;
- Aviões de grande porte;
- Unidades de terapia intensiva.

Para Chase, Jacobs e Aquilano (2006), a eficácia desse tipo de modelo está ligada à programação de acesso ao espaço e a confiabilidade das entregas de materiais. A Figura 1 ilustra um modelo de *layout* posicional.



**Figura 1 – Exemplo de *layout* posicional**  
**Fonte: Miyake (2005)**

Pode-se observar que o produto que está sendo confeccionado fica estável, e são as máquinas e os operadores que precisam de mover e se adequar para a montagem. Assim, o fluxo de pessoas e máquinas na linha de produção é bem intenso.

### 2.3.2 *Layout* por processo

No arranjo por processo, os produtos que passam por processos similares ficam localizados juntos um do outro. Isso deve-se pelo fato de, estando juntos, a

utilização dos recursos transformadores é beneficiada (SLACK *et al.*, 1996). O *layout* por processo, *layout* funcional ou *job shops*, como pode ser chamado, acomoda a variedade de projetos de produto e etapas de processamento (GAITHER e FRAZIER, 2001). Black (2001) ainda afirma que uma das principais características deste *layout* é a produção de grande variedade de produtos, resultando assim em lotes pequenos de produção.

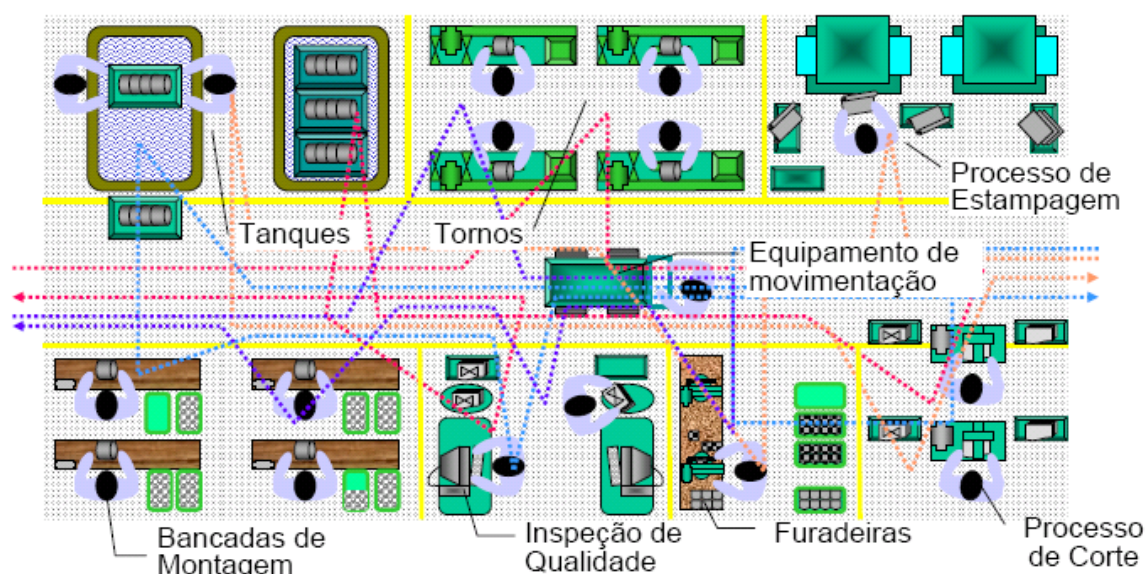
As principais características desse arranjo físico foram pontuadas por Moreira (2002):

- Adaptação à produção de uma linha variada de produtos;
- Cada produto passa pelos centros de trabalho necessários, formando uma rede de fluxos;
- Taxas de produção baixas, se comparadas às obtidas nos *layouts* por produto;
- Equipamentos flexíveis, que se adaptam a produtos de características diferentes;
- Em relação ao *layout* por produto, os custos fixos são menores, mas os custos unitários de matéria-prima e mão-de-obra são maiores.

Sendo assim, quando um produto, uma informação ou cliente flui através da operação, o caminho percorrido será de processo a processo, variando de acordo com as suas necessidades específicas. Como cada produto ou cliente possui uma necessidade, os caminhos percorridos por eles serão únicos e diferentes entre si, formando um padrão de fluxo na operação bastante complexo (SLACK *et al.*, 1996).

Como desvantagem do processo, temos a ocorrência de estoques intermediários elevados, o que acaba dificultando no planejamento e controle da produção (PCP), e volumes menores de produção a custos unitários maiores que no *layout* por produto (MOREIRA, 2002).





**Figura 2 – Exemplo de layout por processo**  
**Fonte: Miyake (2005)**

Na Figura 2 apresentada, cada linha representa a linha de montagem de um produto específico, assim é possível observar todos os postos de trabalho que esse produto passa até que ele esteja pronto para disposição final.

Para facilitar a compreensão do arranjo funcional, Corrêa e Corrêa (2008) criou um quadro onde são determinados os passos de um planejamento físico funcional:

<b>Passos</b>	<b>Possíveis ferramentas</b>
1. Análise de fluxos de produtos ou recursos.	Diagrama de fluxo
2. Identificação e inclusão de fatores qualitativos.	Diagrama de relacionamentos de atividades
3. Avaliação dos dados e arranjo de áreas de trabalho.	Diagrama de arranjo de atividades
4. Determinação de um plano de arranjo dos espaços.	Diagrama de relações de espaço
5. Ajuste do arranjo no espaço disponível.	Planta do local e modelos

**Quadro 2 – Planejamento de arranjo físico funcional**  
**Fonte: Corrêa e Corrêa (2008)**

Através do Quadro 2 é possível identificar quais são as ferramentas mais indicadas para cada passo de elaboração de arranjo físico funcional. Para cada uma

das etapas apresentadas, existe uma ferramenta específica que facilita a construção de um *layout* mais completo e elaborado.

### 2.3.3 *Layout* por produto

O *layout* por produto pode ser também denominado de *layout* em fluxo ou em linha pelo fato de sua sequência de atividades dos produtos, informações e clientes coincidir com a sequência em que os processos foram arranjados fisicamente (SLACK *et al.*, 1996). Nesse caso não existe um caminho alternativo que o produto possa percorrer.

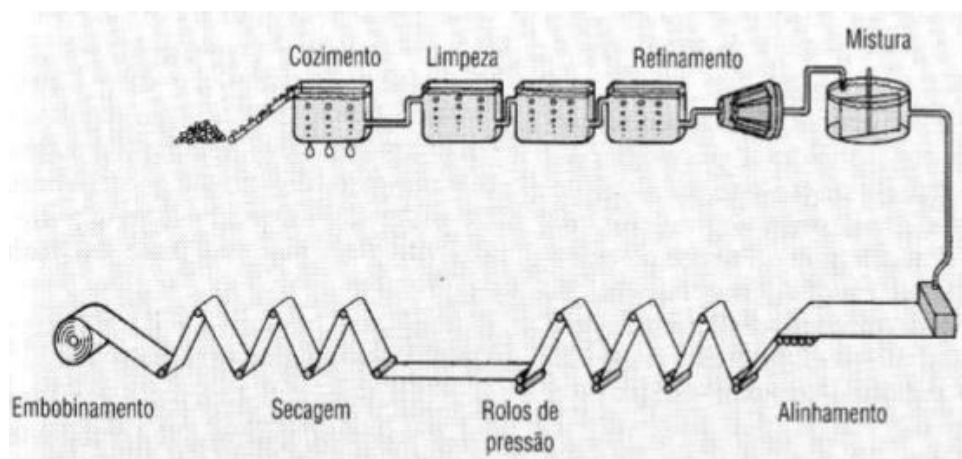
Pugliesi e Walter (1989) afirma que nesse tipo de arranjo, é o material que se move, ao contrário do que ocorre no arranjo por posição fixa. Sendo assim, qualquer equipamento que faça parte da linha de produção é disposto de acordo com a sequência de operações.

Nesse sentido, percebe-se a existência de uma sequência na operação. Slack (2002) define que cada produto ou cliente segue um roteiro que está previamente definido pela sequência de atividades requerida, onde elas coincidem com a sequência na qual os processos foram arranjados.

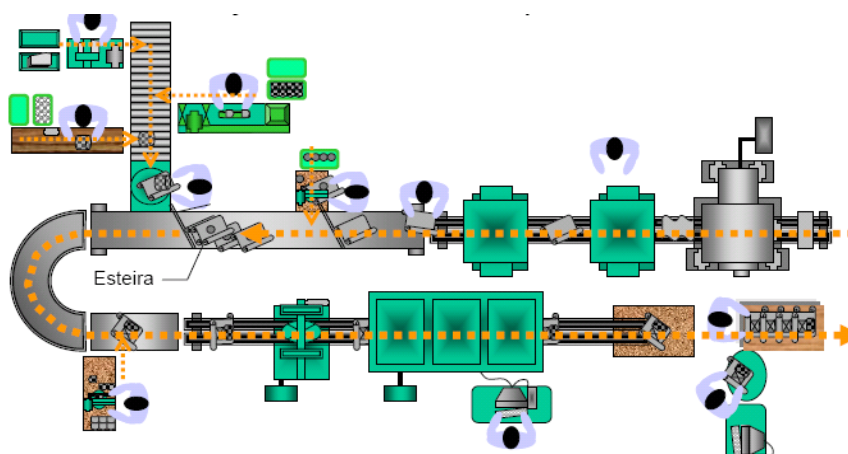
As características mais importantes desse processo foram definidas por Moreira (2002) como sendo as seguintes:

- Bastante adequado a produtos com alto grau de padronização, grandes quantidades e produzidos de forma contínua;
- Fluxo de materiais através do sistema totalmente previsível, proporcionando a utilização de meios automáticos de manuseio e transporte de material;
- Altos investimentos em capital, devido à presença de equipamentos altamente especializados e projetados para altos volumes;
- Altos custos fixos e comparativamente baixos custos unitários de mão-de-obra e materiais.

As Figuras 3 e 4 a seguir exemplificam um *layout* por produto de uma indústria de manufatura, sendo que a primeira representa um processamento de papel dentro de uma fábrica e a segunda é uma figura genérica do funcionamento característico desse tipo de arranjo físico.



**Figura 3 – Sequência de processamento de papel**  
**Fonte: Slack (2002)**



**Figura 4 – Exemplo de layout por produto**  
**Fonte: Miyake (2005)**

Para que o *layout* por produto seja eficiente e alcance os resultados desejados, é necessário que se utilize de uma técnica denominada balanceamento de linha. Segundo Gaither e Frazier (2001) no balanceamento de linha, busca-se minimizar o número de estações de trabalho, dividindo de forma homogênea o trabalho a ser realizado em cada uma dessas estações. O objetivo esperado do balanceamento é então, evitar que se tenha tempo ocioso dentro da linha de produção assim como evitar que surjam gargalos durante o processo.

A fim de se alcançar o balanceamento de linha ideal, é necessário, primeiramente, que seja determinado o tempo de ciclo (TC). A fórmula para cálculo do TC está descrita na equação (1):

$$TC = \text{Tempo de produção} / \text{Número de peças produzidas} \quad (1)$$

Após o tempo de ciclo ter sido calculado, deve-se partir para a determinação do número de estações de trabalho (N), calculado pela fórmula apresentada na equação (2):

$$N = \text{Tempo total de processo} / \text{Tempo de ciclo} \quad (2)$$

Só após o cálculo dessas duas equações é que é possível realizar o balanceamento de linha da produção, onde as atividades são distribuídas às estações de trabalho. De acordo com Corrêa e Corrêa (2008) o melhor balanceamento é aquele que possui o menor tempo ocioso.

#### 2.3.4 *Layout* celular

O *layout* celular é aquele onde os recursos são pré-selecionados para uma parte específica da operação, denominada célula, na qual encontram-se todos os recursos transformadores necessários para atender às necessidades imediatas de processamento (SLACK *et al.*, 1996).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2008), esse arranjo tenta aumentar as eficiências do arranjo físico funcional, tentando ainda, manter uma flexibilidade. Sendo assim, através de um conceito conhecido por tecnologia de grupo, recursos similares são agrupados próximos, de forma que consigam atender grupos de itens que necessitam de etapas semelhantes no processo. Esse autor ainda afirma que o *layout* celular é desenvolvido em etapas:

1. Identificar famílias de itens produzidos que tenham, agregadamente, volume suficiente e similar conjunto de recursos para serem processados – deve-se estar preparado para que “sobrem” determinados itens de grande variedade que não conseguem ser colocados em nenhuma célula -, estes continuarão, em geral, a ser processados num setor com arranjo funcional;
2. Identificar e agrupar recursos (máquinas, pessoas) de forma que consigam, com suficiência, processar as famílias de itens identificadas, definindo células;

3. Para cada célula, arranjar os recursos, usando os princípios gerais do arranjo por produto, estabelecendo uma pequena operação dentro da operação, de forma que a movimentação e os fluxos daquelas famílias identificadas em 1 sejam mais ordeiros, simples e ágeis.
4. Localizar máquinas grandes ou que não possam ser divididas para fazerem parte de células específicas para próximo das células.

Para que o *layout* celular funcione da maneira mais correta e adequada, Gaither e Frazier (2001) definem duas exigências fundamentais:

- A demanda das peças deve ser suficientemente elevada e estável, de forma a que tamanhos de lote moderados possam ser produzidos periodicamente;
- As peças que estão em consideração devem ser capazes de ser agrupadas em famílias de peças. Dentro de uma família de peças, as peças devem ter características físicas similares e, dessa forma, elas exigem operações de produção similares.

Esse tipo de *layout* também pode ser conhecido como ilhas de produção, que podem ser visualizadas na Figura 5, onde é possível identificar a movimentação dos trabalhadores e as posições de trabalho.

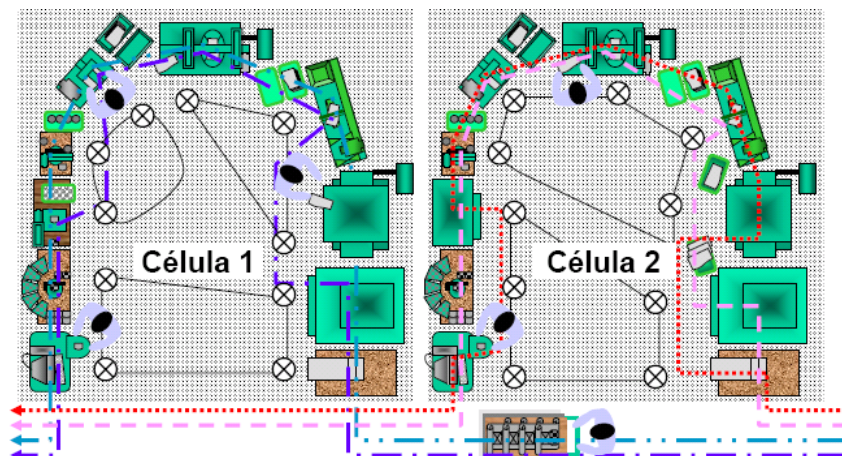


Figura 5 – Exemplo de *layout* celular  
Fonte: Miyake (2005)

Na Figura 5 temos a identificação de 2 exemplos de células trabalhando na montagem de uma peça. É possível identificar a movimentação que cada operário faz dentro das células e das máquinas que cada um é responsável.

### 2.3.5 Layout híbrido

Slack *et al.* (1996) afirma que muitas operações utilizam um *mix* de *layouts*, combinando elementos de todos os quatro tipos de arranjo físico existentes. Gaither e Frazier (2001) ainda confirmam que esses *layouts* híbridos são organizados de acordo com os tipos de processos, mas que os produtos da linha de montagem fluem através de um *layout* por produto. A Figura 6 exemplifica como seria o funcionamento de um local que utiliza o *layout* híbrido.

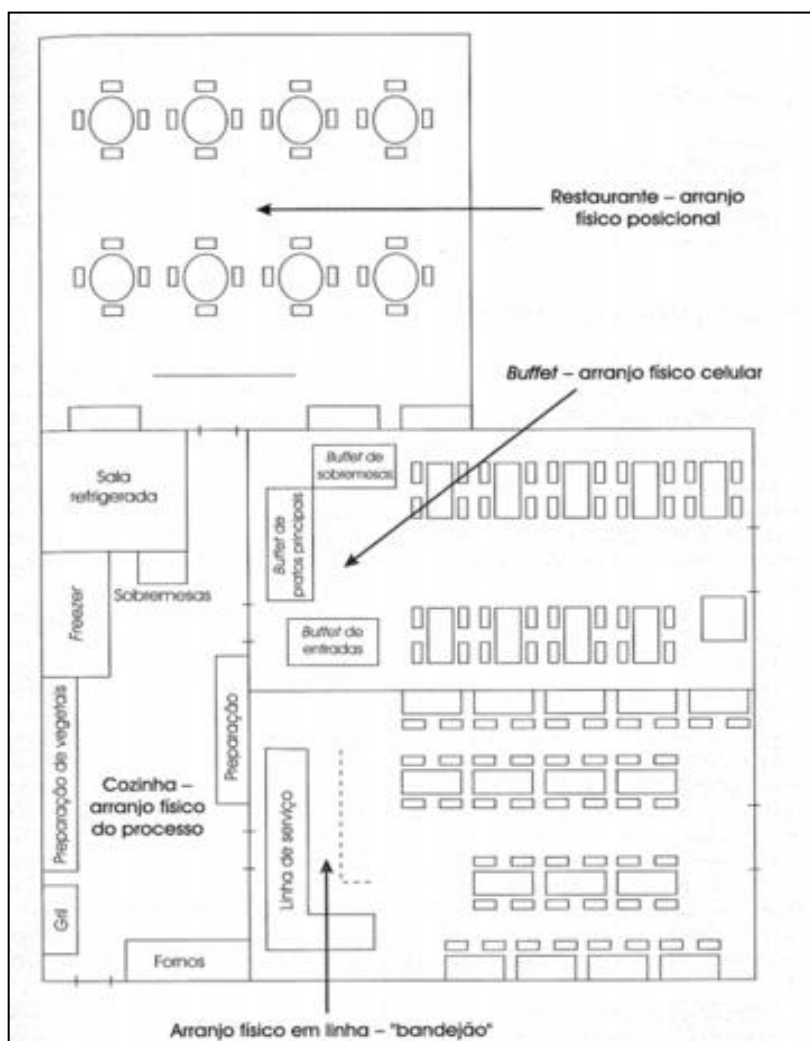


Figura 6 – Exemplo de um complexo de restaurante com os quatro tipos básicos de arranjo físico  
Fonte: Slack et al. (1996)

Após a caracterização dos tipos de *layout* existentes, Slack (2002) aponta uma lista de vantagens e desvantagens que estão apresentadas no Quadro 3 e que são

de importância elevada para a análise do melhor tipo de arranjo a ser usado para cada tipo de caso existente:

	Vantagens	Desvantagens
Posicional	Flexibilidade muito alta de mix e produto. Produto ou cliente não movido ou perturbado. Alta variedade de tarefas para mão-de-obra.	Custos unitários muito altos. Programação de espaço ou atividades pode ser complexa. Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
Processo	Alta flexibilidade de <i>mix</i> e produto. Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas. Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.	Baixa utilização dos recursos. Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes. Fluxo complexo pode ser difícil de controlar.
Celular	Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta. Atravessamento rápido. Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual. Pode requerer capacidade adicional. Pode reduzir níveis de utilização de recursos.
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes. Dá oportunidade para especialização de equipamento. Movimentação conveniente de clientes e materiais.	Pode ter baixa flexibilidade de <i>mix</i> . Trabalho pode ser repetitivo

**Quadro 3 – Vantagens e desvantagens dos tipos básico de *layout***  
**Fonte: Slack (2002)**

O Quadro 3 facilita na escolha do melhor arranjo físico, considerando-se as características específicas da empresa em questão. Através dele é possível alinhar um *layout* e suas vantagens e desvantagens com a linha de produção que é analisada.

## 2.4 BALANCEAMENTO DE LINHA

Pelo fato do presente estudo focar em linhas de produção, serão abordadas as técnicas de balanceamento de linha que mais são estudadas pelo meio científico na atualidade, sendo desconsideradas todas as outras formas de balanceamento.

Segundo Dembogurski *et al.* (2008), as empresas precisam buscar diferenciais através da melhoria contínua de processos e uma das técnicas mais aplicáveis nessa visão, buscando melhorar o desempenho e a gestão é o balanceamento de linha de produção.

De acordo com Silva *et al.* (2007), é preciso melhorar a sincronia entre as necessidades de produção e a capacidade de linha para que os desperdícios sejam evitados e a produção seja nivelada com a demanda. Sendo assim, se a demanda aumentar ou diminuir, o tempo de ciclo da linha deve ser ajustado e o ritmo de produção alterado.

Balancear a linha de produção é, segundo Tubino (2007), definir todas as atividades que serão executadas com o intuito de garantir um tempo de processamento semelhante entre os postos de trabalho. Procura-se melhorar a eficiência da linha de produção, agrupando os postos de trabalho de maneira equilibrada, permitindo um fluxo do processo (BATALHA, 2001). Portanto, o balanceamento de linha é utilizado para ajustar a produção às necessidades da demanda, em uma tentativa de unificar o tempo de execução do produto em cada uma de suas operações sucessivas (ROCHA E OLIVEIRA, 2007).

De acordo com HU *et al* (2001) o balanceamento de linha é uma forma de procurar a melhor forma de atribuir as tarefas para cada estação de trabalho, dadas as restrições de precedência, de acordo com uma meta única ou objetivo pré-definido.

Uma linha de produção desbalanceada pode aumentar os custos da empresa. Oliveira (2012) afirma que entre esses custos, destaca-se o custo de oportunidade, aqueles que se referem ao não atendimento da demanda prevista.

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), as etapas do balanceamento de linha de produção devem seguir a seguinte forma:

1. Especificar a relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Determinar o tempo de ciclo necessário;



3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

Esse tipo de abordagem não apresenta um caráter otimizador e, por esse motivo, muitas empresas utilizam-se de técnicas heurísticas para a otimização do processo. Os três modelos abordados nesse estudo serão:

- Helgeson dan Birnie/Ranked Positional Weight (RPW)
- Largest Candidate Rule
- Kilbridge and Wester Heuristic (Region Approach)

#### 2.4.1 Método *Ranked Positional Weight*

Grzecha e Foulds (2015) trazem no seu artigo “The Assembly Line Balancing Problem with Task Splitting: A Case Study”, todas as etapas envolvidas para a determinação do *ranked positional weight* proposta por Helgeson e Bernie (1961), baseado em grafos e tempo de atividades:

1. Determinar o *positional weight* (PW) para cada atividade, que é o caminho mais longo a partir do início da atividade até o restante da rede.
2. Posicionar os elementos de trabalho com base no PW. Aquele que apresentar maior PW é classificado em primeiro lugar;
3. Atribuir elementos de trabalho (tarefas) para as estações de trabalho, onde os elementos com maiores valores são atribuídos primeiro;
4. Se, em qualquer estação de trabalho ainda houver mais tempo para atribuição depois de alocar uma atividade, deve-se atribuir a próxima operação desde que ela não viole o relacionamento de precedência e que o tempo para execução esteja dentro do tempo restante na estação de trabalho;

5. Repetir os passos 3 e 4 até que todos os elementos sejam atribuídos nas estações de trabalhos.

#### 2.4.2 Método *Largest Candidate Rule*

O objetivo principal do balanceamento de linha é distribuir o tempo de trabalho da melhor maneira possível e o método *largest candidate rule* (LCR) é uma das formas mais utilizadas para isso (JAGANATHAN, 2014). Esse método arranja os elementos em ordem decrescente para cada estação de trabalho e seu método de alocação está explicado a seguir:

1. Listar todos os elementos em ordem decrescente de valor;
2. Calcular tempo de ciclo;
3. Alocar os elementos às estações de trabalho. Começar pelo topo da lista de elementos ainda não alocados;
4. Selecionar os elementos de acordo com suas precedências e que não ultrapassem o tempo de ciclo já calculado;
5. Repetir esse passo até que todos os elementos tenham sido alocados em estações de trabalho.

#### 2.4.3 Método Kilbridge & Wester

É um método heurístico que seleciona os elementos de trabalho para serem alocados em estações de acordo com suas posições no diagrama de precedência. Após essa classificação, as tarefas são organizadas por colunas, em ordem decrescente de tempo de processamento da tarefa e por fim são alocados às estações de trabalho. Sendo assim, os elementos do final do diagrama devem ser os primeiros alocados, uma vez que são os que possuem maior valor a ser considerado (GERHARDT, 2005).

1. Construir o diagrama de precedência, assim os nós que representam elementos de trabalho idênticos são dispostos verticalmente em colunas, como no exemplo a seguir;

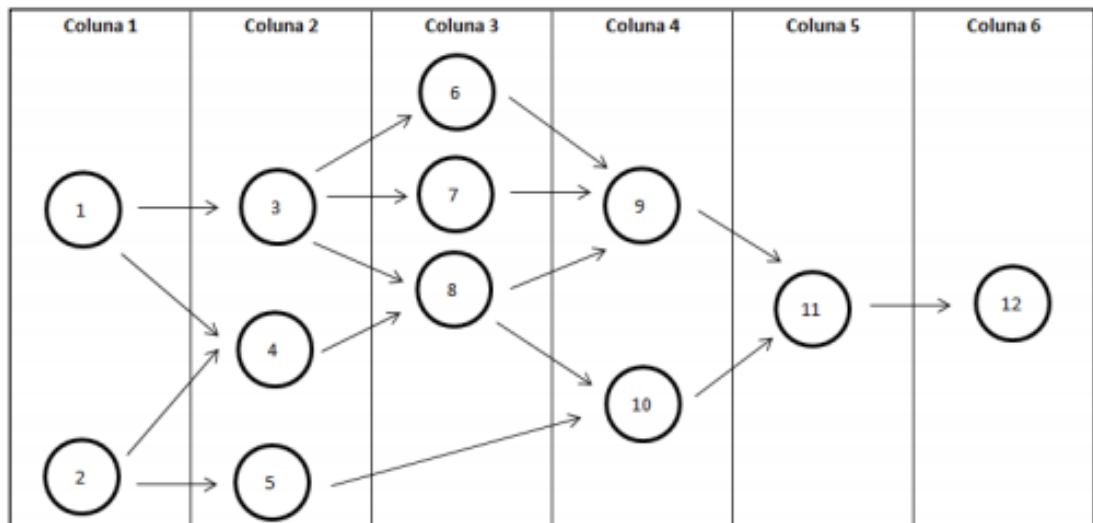


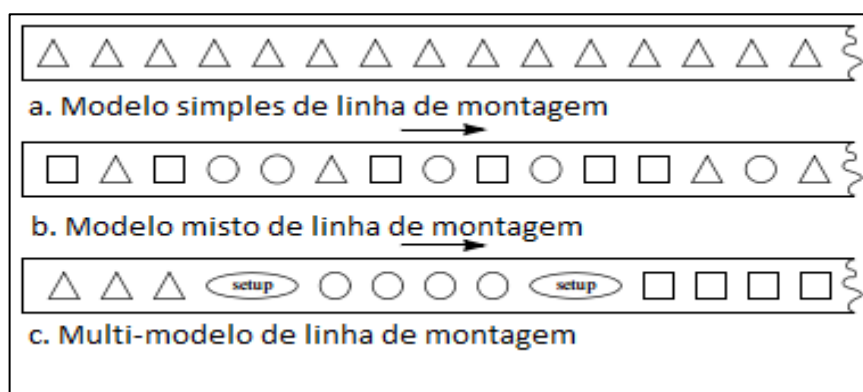
Figura 7 – Diagrama de precedência dividido em colunas pelo método Kilbridge e Wester  
Fonte: Reginato (2014)

2. Listar os elementos na ordem de suas colunas.
3. Para atribuir elementos para estações de trabalho, deve-se começar com os elementos da coluna I. Continuar o procedimento por ordem de número de coluna até que o tempo de ciclo seja alcançado.

## 2.5 BALANCEAMENTO DE LINHA PARA MULTIPRODUTOS

Modelo de linhas de produção mistas são necessárias para indústrias que trabalham com uma demanda de produtos variados e com preços baixos. As linhas de produção para produtos similares que são produzidos sequencialmente são chamadas de linhas de montagem de modelo misto. Segundo Yagmahan (2001), essas linhas conseguem reduzir o estoque de produto final e melhoram o fluxo contínuo de materiais nesses casos.

Boysen, Fliedner e Scholl (2001) levantam a existência de duas abordagens sugeridas para as linhas de montagem de multiprodutos: (1) uma linha de montagem onde modelos de produtos diferentes são considerados distintos (multi-modelo) e, portanto, a produção é feita em lotes individuais dos produtos, sem que eles sejam misturados, e (2) uma linha de montagem de modelo misto, onde os produtos podem ser montados simultaneamente sobre a mesma linha de produção. A Figura 8 exemplifica como é o funcionamento da linha de produção para os dois casos:



**Figura 8: Balanceamento de linha para produto simples e multiprodutos.**  
**Fonte: Becker e Scholl (2006)**

Na Figura 8 acima é possível entender os três tipos de modelos existentes no balanceamento de linha. No primeiro, a linha de produção é simples, com um único produto sendo fabricado; no segundo, a produção de três tipos distintos de produtos ocorre simultaneamente, sem que a máquina pare para troca de ferramentas; no último, os três produtos são produzidos na mesma linha, porém existe um tempo em que a produção é interrompida para que os equipamentos fabris sejam ajustados, denominado de tempo de *setup*.

O objetivo do balanceamento de linha para multiprodutos é, segundo S.J Hu et al. (2011), assim como para o balanceamento de linha de um único tipo de produto, conseguir um tempo de ciclo similar para cada posto de trabalho, prática muito difícil de ser executada, uma vez que existem muitas variantes de produtos que necessitam de diferentes operações de montagem.

Para o melhor balanceamento de linha para multiprodutos, pode utilizar-se dos mesmos modelos heurísticos apresentados para o caso de um único produto, considerando o tempo ponderado para cada atividade, de acordo com a quantidade de produto a ser produzida na linha. Os modelos heurísticos são estudados por pesquisadores por serem meios mais práticos de se encontrar o modelo ideal, sem a necessidade de recorrer para meios computacionais. (HYUN, KIM e KIM, 1998).

O presente trabalho utilizará das características apresentadas para balanceamento de linha de multiprodutos, através de modelos heurísticos já apresentados para a análise de viabilidade de desenvolvimento de um novo arranjo físico dentro da indústria.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada, do ponto de vista de sua natureza, onde foi feita uma análise de viabilidade da elaboração de um novo *layout* na linha de produção de um laticínio. Analisando os procedimentos técnicos definidos por Gil (1991), esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso com pesquisa documental e coleta de dados empíricos.

Na busca para atender os objetivos propostos, a pesquisa é caracterizada como exploratória, onde foi realizado todo o levantamento da revisão bibliográfica, além de entrevistas com os profissionais que atuam na empresa e também da coleta de dados internos da empresa para estudo e análise, juntamente com um questionário que se encontra no apêndice ao final do trabalho.

A pesquisa é de natureza aplicada e tem uma abordagem quantitativa, visto que os dados levantados e analisados são provenientes de dados numéricos, como número de funcionários, volume de produção, quantidade de máquinas e tempo de trabalho dos operários. Partindo desses pressupostos, a pesquisa é fundamentada nos seguintes passos:

#### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A pesquisa bibliográfica foi feita através de informações coletadas em livros e artigos científicos. De início, foi levantado um portfólio bruto de *journals* coletados em bases de dados científicos, e através dessa lista de artigos, filtrou-se um portfólio final através da equação *Index Ordinatio* que analisa o ano de publicação do artigo e seu fator de impacto. Além dessa lista, também foram coletados alguns artigos diretamente nas bases de artigos científicos, como *Web of Knowledge*, *SciELO* e *Web of Science* no período de março a maio.

#### 3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO

O mapeamento do processo foi descrito de acordo com informações obtidas de entrevistas que serão realizadas com o gerente geral da empresa. As entrevistas têm por objetivo contribuir com a coleta de dados que foram julgadas necessárias para

a melhor compreensão do funcionamento e das etapas do processo produtivo na linha de produção da fábrica.

### 3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para o levantamento dos dados envolvidos no processo de balanceamento de linha, foi necessário coletar informações de dentro da linha de montagem, relacionadas ao *layout* atual e etapas do processo de fabricação dos produtos.

A entrevista que foi realizada serviu de base para coleta de dados importantes, tais como:

- Quantidade de funcionários por turno de produção;
- Quantidade de máquinas utilizadas no processo produtivo;
- Fluxograma da produção;
- Tempo de execução das operações;
- Capacidade máxima de recebimento de matéria-prima.

O roteiro de entrevista encontra-se na seção de apêndice no final do trabalho.

### 3.4 MODELAGEM DOS DADOS

Após a coleta dos dados necessários para o balanceamento de linha, foi feita a análise do tipo de modelo mais ideal para o caso em questão. Para isso, um *software* de modelagem foi utilizado para a modelagem de alguns tipos de arranjo físico que se enquadram no estudo. O *software* em questão é o FlexSim 7.5 versão demo, disponível gratuitamente para *download* no site da empresa.

### 3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise e validação dos resultados foi feita de acordo com os modelos observados no *software*, onde foi possível encontrar possíveis falhas do processo, como possíveis gargalos encontrados durante o processo e tempo elevado de

execução das atividades. Após essa análise foi feita a escolha do *layout* ideal para a implementação na empresa.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

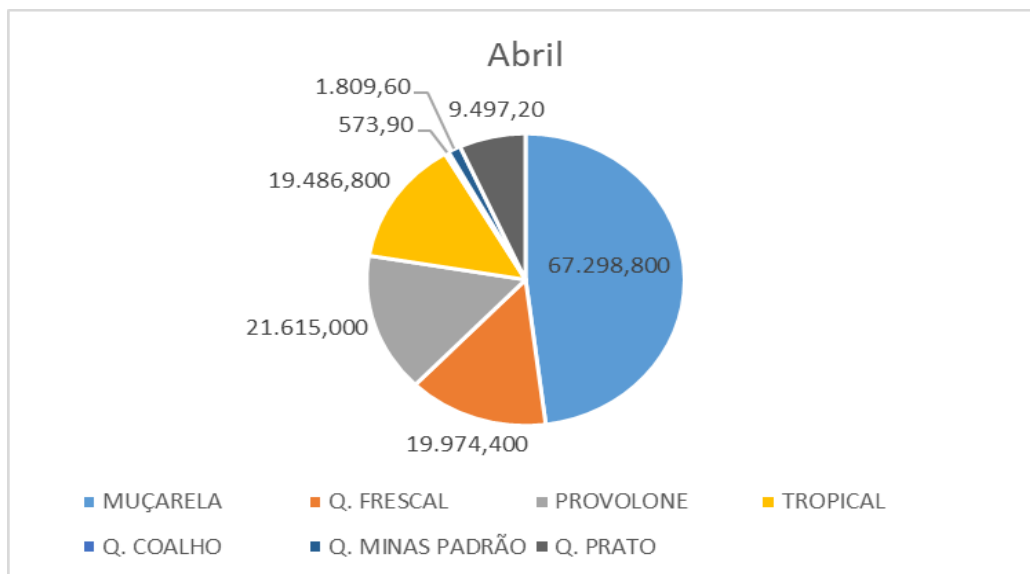
Fundada em 2001, a empresa atua no ramo de laticínios e está localizada no município de Bernardo Sayão, Tocantins. Apresenta uma produção média diária de 42.000 litros de leite, atingindo picos de produção com 80.000 litros, dependendo da época do ano. Sua captação do leite é dividida da seguinte forma:

- 85% proveniente de propriedades rurais de forma resfriada;
- 15% entregues de forma direta na plataforma de recepção da fábrica.

Atualmente possui cerca de 600 produtores cadastrados que realizam a entrega diária de leite e conta com 75 funcionários diretos, que atuam desde os serviços fabris até o nível de gerência mais alto.

Desses 75 funcionários, 26 trabalham no chão de fábrica, 8 são responsáveis por embalar o produto final, 3 trabalham no laboratório, realizando atividades de verificação de irregularidades na matéria-prima e algumas análises físico-químicas de rotina como alizarol, densidade, acidez e gordura), 15 trabalham no escritório realizando atividades contábeis e de recursos humanos, além da gerência geral que também se encontra junta ao escritório, 4 são seguranças, 3 cozinheiras, 10 faxineiras e 6 realizam coleta de leite em alguns distritos próximos.

A empresa fabrica apenas queijos e os principais tipos produzidos são: muçarela, provolone, parmesão, tropical, coalho, fresco, prato e minas. O gráfico 2 indica a quantidade (kg) produzida de cada tipo de queijo de abril de 2016.



**Gráfico 2: Quantidade produzida (kg) para cada variedade de queijo no mês de abril de 2016**  
**Fonte: Dados retirados do relatório mensal de rendimento e produção da empresa.**

Pela análise do Gráfico 2 é possível constatar que a maior parte da produção mensal é destinada ao queijo tipo muçarela (no caso do mês de abril, 48% da produção total). Nesse mês não foram produzidos queijo parmesão e queijo prato.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

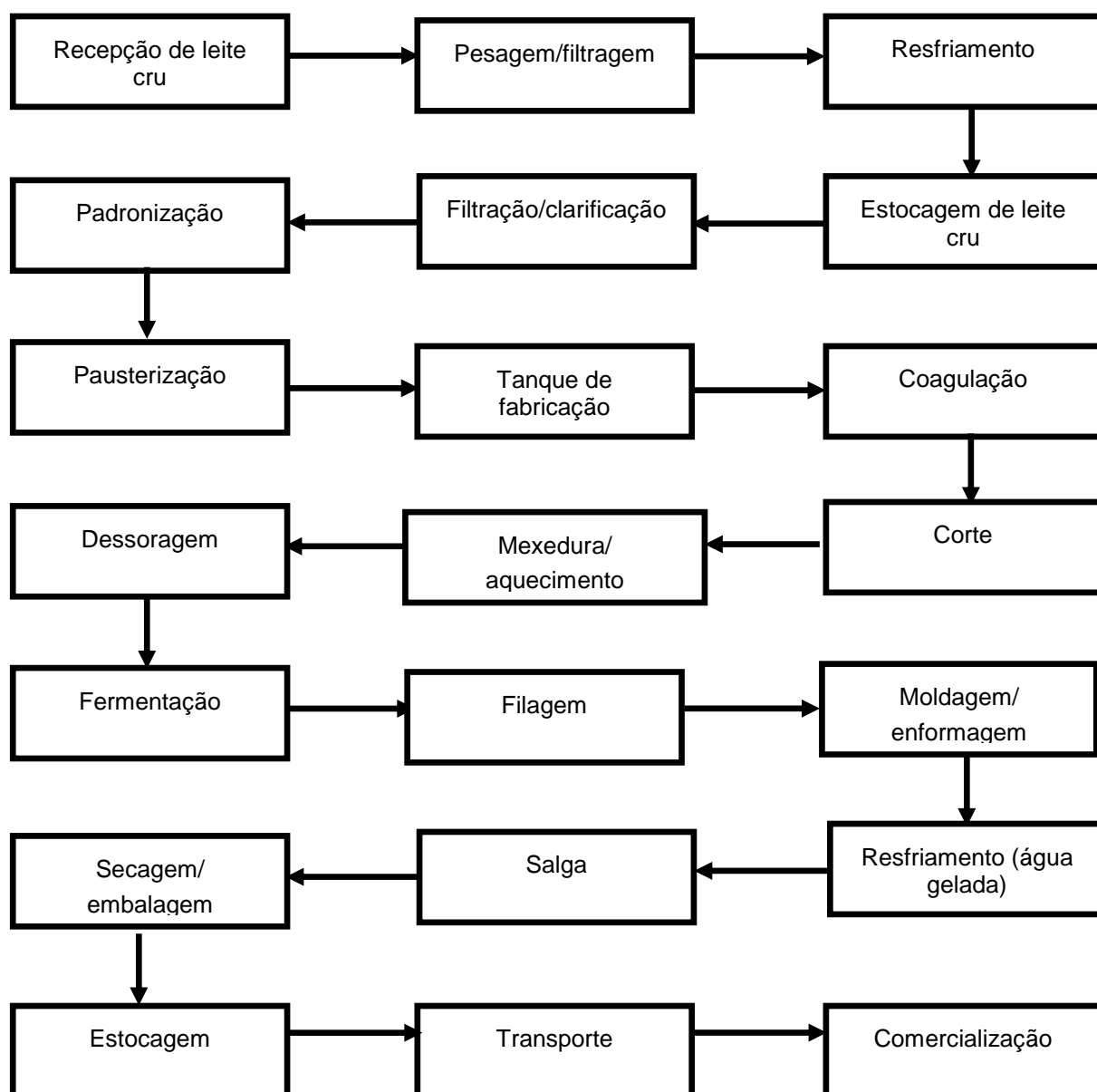
Para que fosse possível chegar aos resultados encontrados para o mapeamento e propostas de *layout* da empresa analisada, foi feita uma visita técnica dentro da indústria e também uma entrevista com o gerente geral. Foi aplicado um questionário durante a entrevista para que facilitasse a coleta de informações. O questionário encontrasse no final desse trabalho, na lista de apêndice. O resultado dessas ações gerou uma análise mais profunda da linha de produção e algumas alternativas que podem trazer melhorias para a empresa.

### 4.1 ANÁLISE DA EMPRESA

O mapeamento do processo dentro da empresa analisada é complexo, visto que, para o *mix* de produção, existem muitas atividades envolvidas, desde a recepção da matéria-prima até o produto final. Para a compreensão desse processo, foi construído um fluxograma para cada um dos principais produtos produzidos baseado na visita técnica realizada na fábrica.

#### 4.1.1 Muçarela

O leite coletado na plataforma de recepção da indústria é submetido à algumas análises de rotina para verificação de densidade, acidez, nível de gordura e demais testes necessários e, se considerado de boa qualidade, é então encaminhado ao tanque de recepção de leite, filtrado e submetido ao processo de pasteurização e padronização, processo onde a gordura do leite é estabilizada em 3,1%. Logo em seguida, tem-se a continuação dos outros processos que estão identificados através da Figura 9.

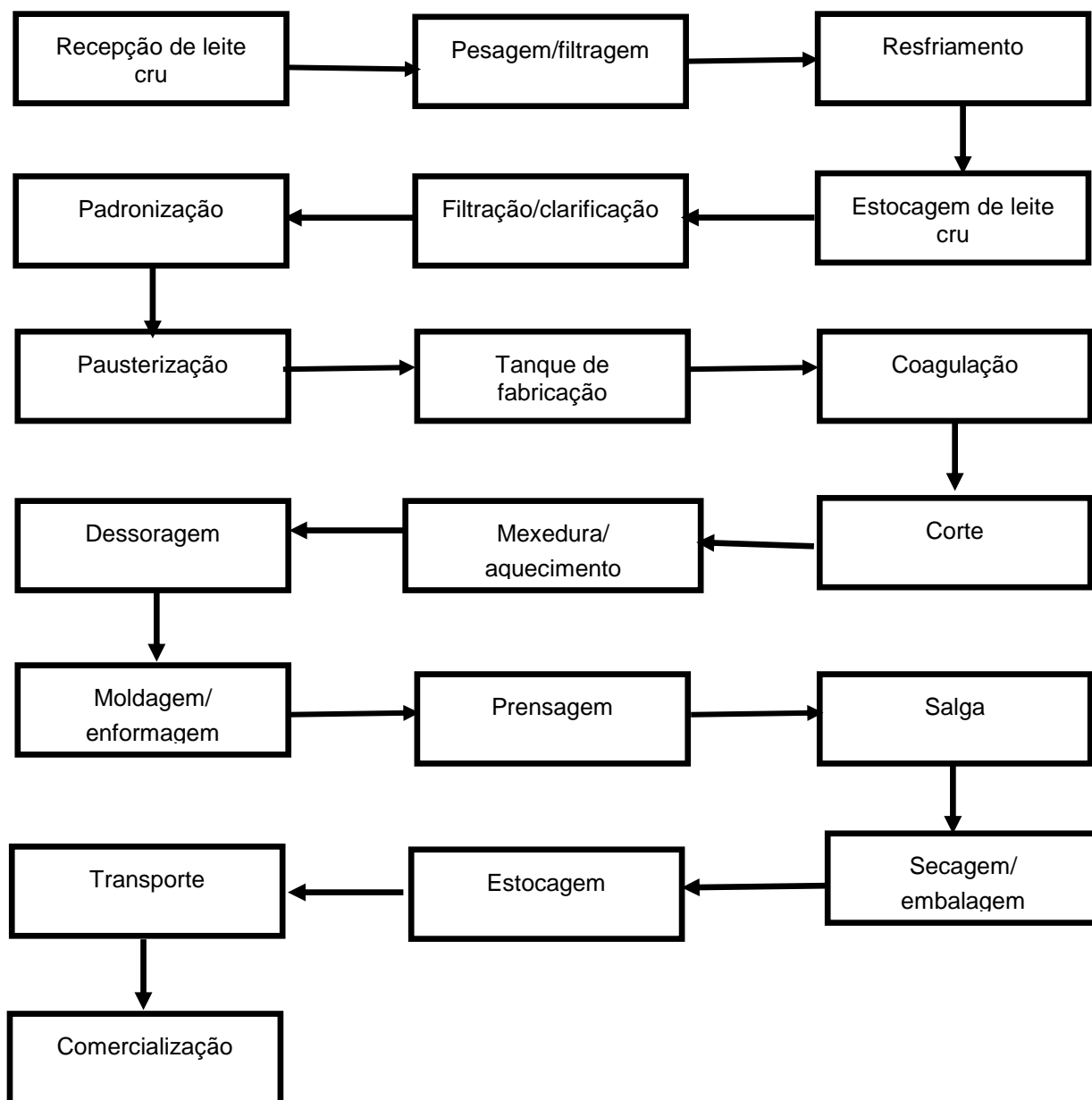


**Figura 9 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo muçarela**  
**Fonte: Autoria própria**

Os queijos são embalados em um sistema a vácuo em embalagens plásticas termoencolhíveis e depois acondicionados em caixas de papelão. Para o transporte até o consumidor final são conservados em câmaras frigoríficas a 5°C.

## 4.1.2 Tropical

O processo de fabricação do queijo tropical segue a mesma linha do queijo muçarela e está identificado pela Figura 10.

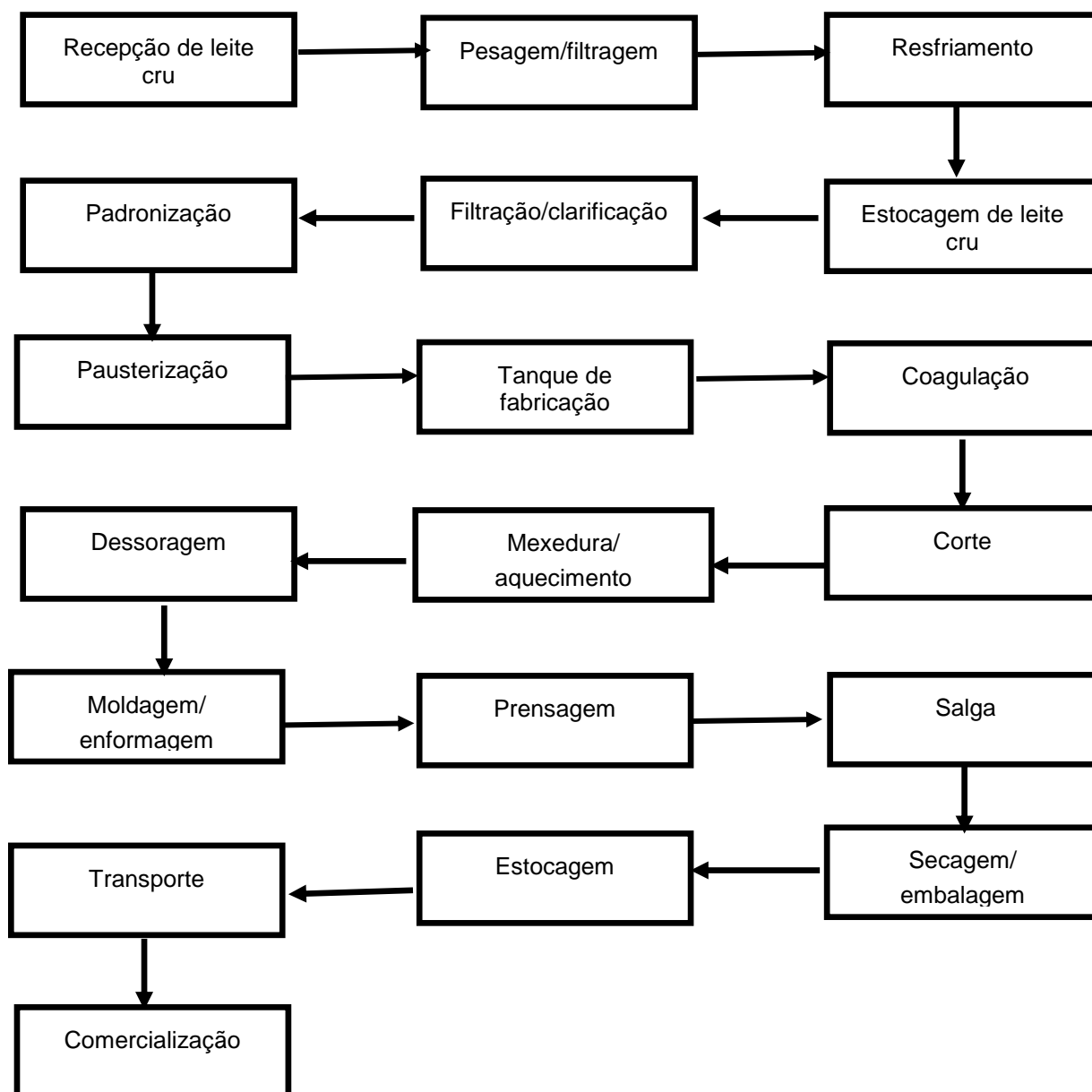


**Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo tropical**  
Fonte: Autoria própria

Para que se obtenha o formato e textura do queijo tropical, sua massa passa por um processo de prensagem com uma prensa de 25kg que garante uma textura compacta e uniforme. Sua validade é de 180 dias.

#### 4.1.3 Fresco

A Figura 11 exemplifica as etapas da produção do queijo fresco.



**Figura 11 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo fresco**  
 Fonte: Autoria própria

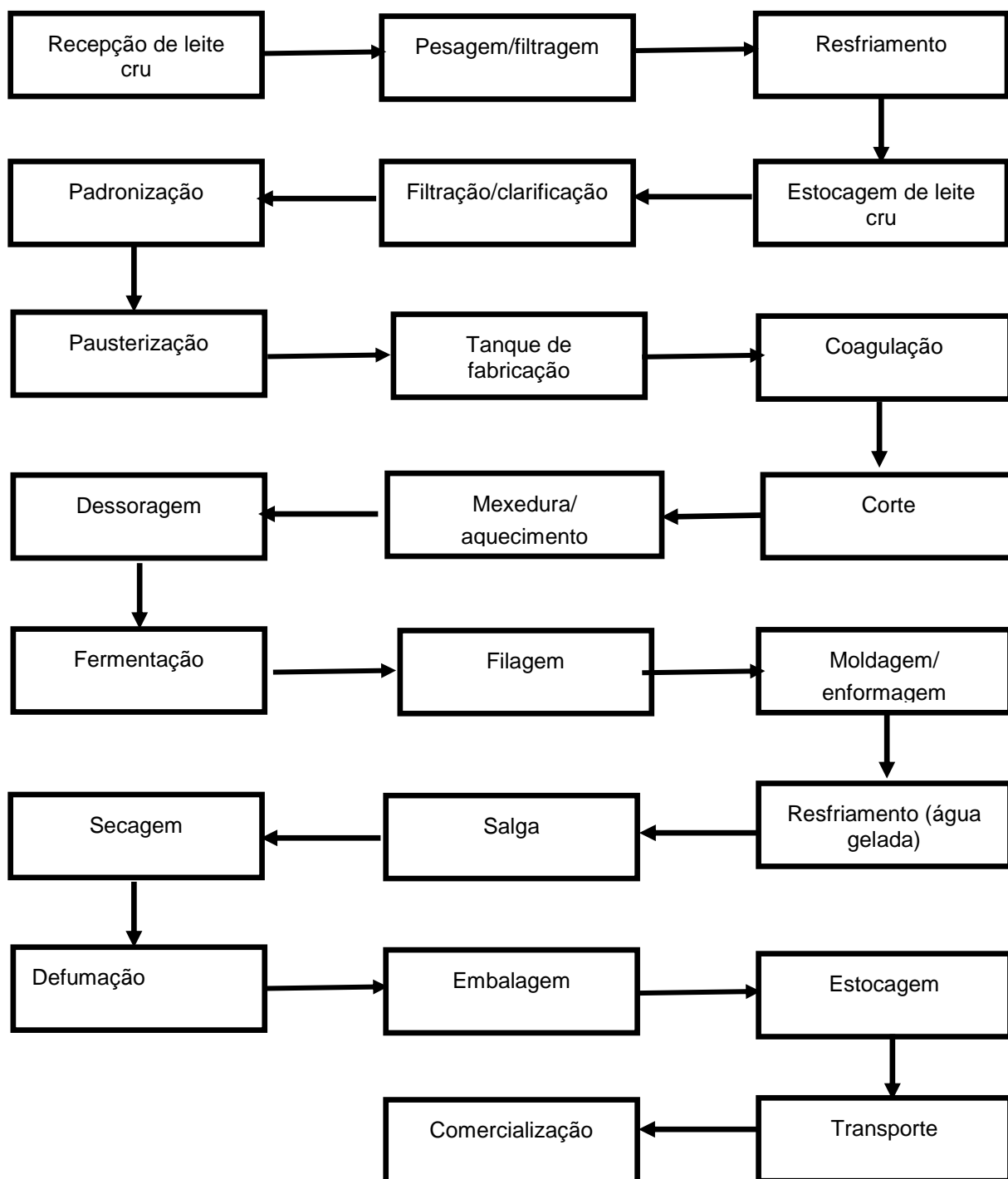
Assim como os demais produtos, o queijo fresco necessita de um acondicionamento adequado para que o produto não estrague. Por esse motivo, todos os caminhões que realizam o transporte desse queijo e de todos os outros tipos, necessitam de uma câmara refrigerada acoplada para garantir as condições ideais de temperatura. A validade desse tipo de queijo é de 45 dias.

#### 4.1.4 Provolone

A produção do provolone segue as características apresentadas anteriormente, se iniciando com as análises obrigatórias e de rotina no leite recebido e iniciando a produção assim que os resultados esperados são confirmados.

Diferente de todos os outros processos, na fabricação do provolone ocorre uma etapa denominada defumagem, onde o produto é submetido ao processo de impregnação de fumaça produzida por queima de serragem para que ele apresente suas características próprias.

Seu processo completo de produção está identificado pela Figura 12.

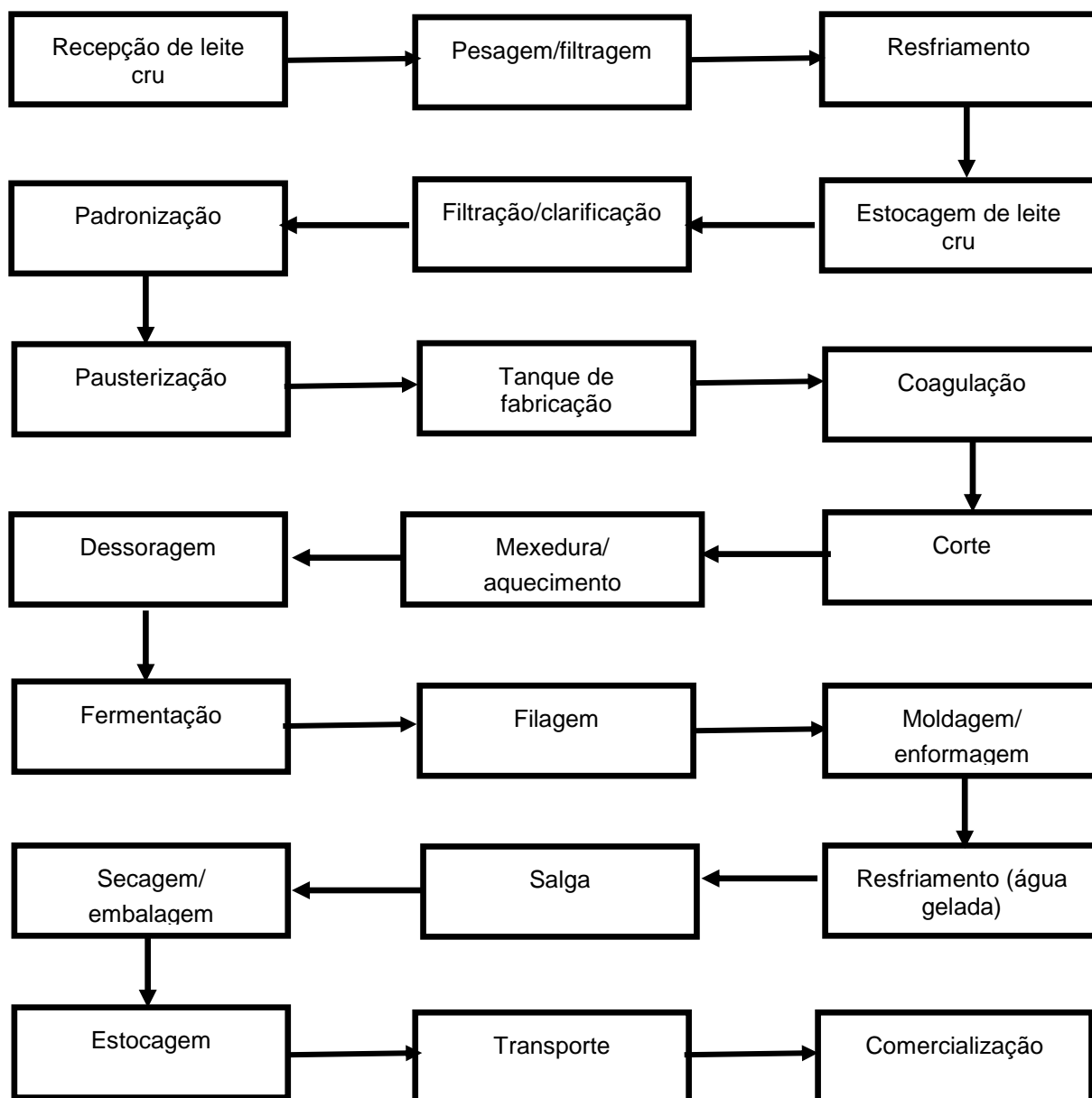


**Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo provolone**  
 Fonte: Autoria própria

Para o processo de defumação, a empresa adquire serragem de madeira tipo pinho proveniente principalmente de serralherias de São Paulo e Minas Gerais. Sua validade é de 120 dias.

#### 4.1.5 Parmesão

O processo do parmesão não apresenta nenhuma etapa que seja exclusiva do seu processo e seu fluxograma está apresentado na Figura 13.



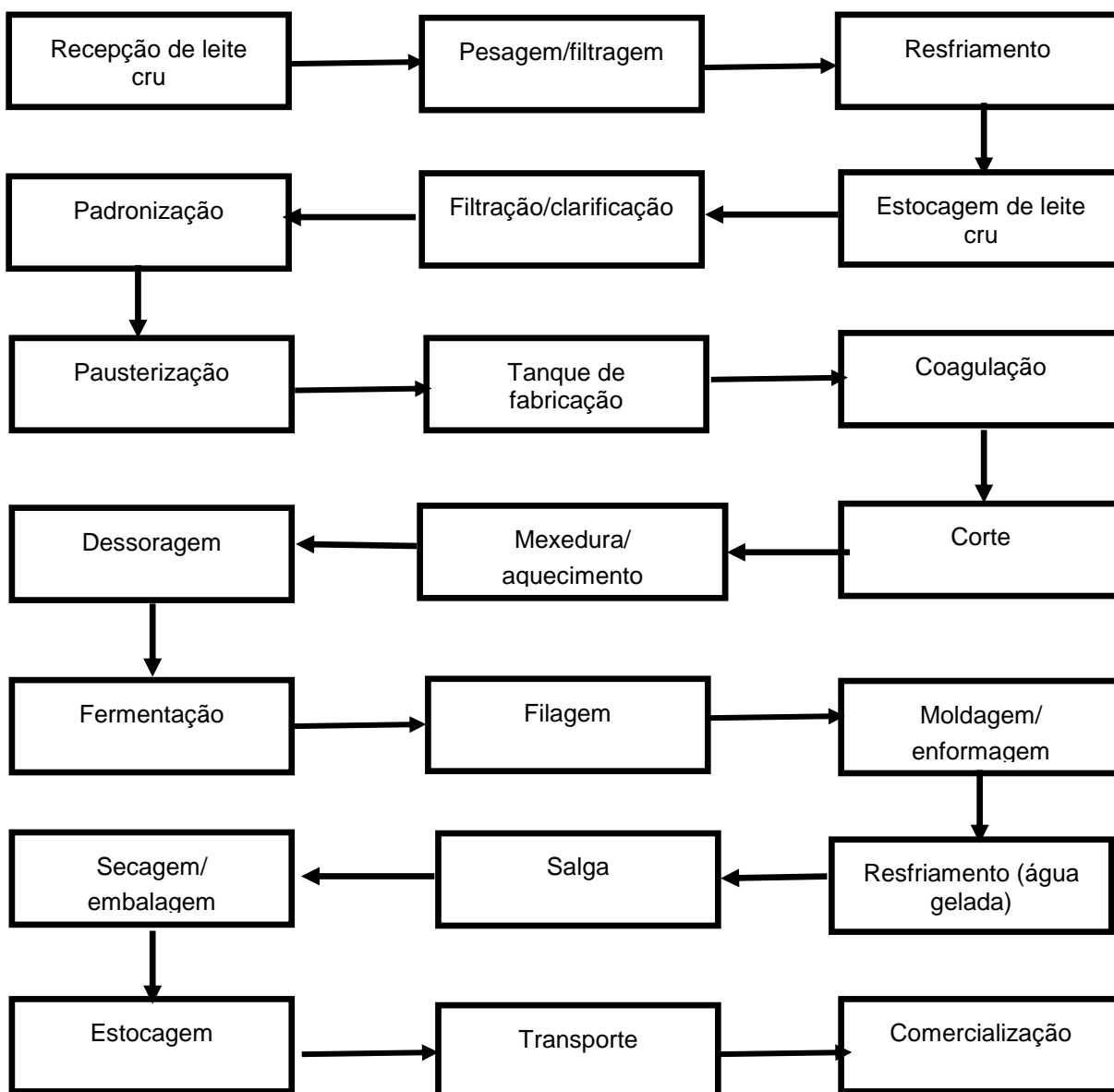
**Figura 13 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo parmesão**  
**Fonte: Autoria própria**

Esse tipo de queijo é considerado como sendo de alta umidade e semi gordo devido suas características e nível de gordura mais elevado. Sua refrigeração segue

a mesma dos outros tipos de queijos, devendo ser mantido em ambiente refrigerado e tem validade de 6 meses.

#### 4.1.6 Coalho

O fluxograma apresentado na Figura 14 identifica todas as etapas do processo de fabricação do queijo tipo coalho.



**Figura 14 – Fluxograma do processo produtivo do queijo tipo coalho**  
 Fonte: Autoria própria



O queijo coalho apresenta um dos processos mais longos de secagem, onde a massa fica dentro das formas de 12 a 24 horas até que estejam completamente secas e só então são direcionadas para a embalagem.

#### 4.2 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO BALANCEAMENTO DE LINHA

Para a implementação de um novo balanceamento de linha, foi necessário conhecer e mapear as principais atividades da empresa afim de analisar a viabilidade de implantação de um modelo novo.

A fábrica analisada consta com um ritmo de trabalho que é dividido em três turnos, onde a quantidade de funcionários varia entre eles. A Tabela 1 indica a relação que existe entre esses dados.

**Tabela 1 – Quantidade de funcionários por turno**

<b>Turnos</b>	<b>Quantidade de funcionários</b>
Turno 1 – 3:00h até 9:00h	1
Turno 2 – 5:00h até 15:00h	5
Turno 3 – 7:00h até 17:00h	20

**Fonte: Entrevista realizada na empresa em julho de 2016 – Autoria própria**

É importante ressaltar que nem todos os funcionários indicados na Tabela 1 trabalham necessariamente na linha de produção. O funcionário que entra no primeiro turno é responsável pela manutenção das caldeiras que alimentam a fábrica e passa seu turno todo trabalhando nela. Caso chegue leite no período da tarde e esse leite não seja utilizado nesse dia, os funcionários que chegam no segundo turno do dia seguinte já podem iniciar a produção da fábrica utilizando esse material.

Os 25 funcionários que atuam na linha de produção (segundo e terceiro turno) são responsáveis tanto pela produção do queijo como pela manutenção dos equipamentos. É responsabilidade de cada um garantir que as máquinas estejam funcionando da melhor forma possível. Para isso, enquanto as máquinas agem sobre os produtos, eles fazem inspeções periódicas para garantir que o equipamento não pare durante a produção.

Ao final de toda produção, as máquinas são limpas e passam por uma manutenção para que possam ser utilizadas novamente. Os tanques também são limpos para que não reste produto de outro tipo de queijo na fabricação de um tipo novo.

#### 4.2.1 Caracterização do produto

Através da visita técnica, pode-se verificar que a fábrica vem se modernizando bastante, buscando sempre inovar nas novas máquinas que são compradas e investindo bastante em tecnologia. Atualmente, eles possuem uma máquina que é capaz de realizar todo o processo de produção de queijo, otimizando assim o tempo de produção. A seguir, na Tabela 2, é possível ver todo o maquinário que existe na fábrica.

**Tabela 2 – Lista de equipamentos utilizados para a fabricação de queijo**

**EQUIPAMENTOS**

---

Tanque de salga  
 Prensa  
 Compressor para câmara fria  
 Queijomatic  
 Picadeira  
 Moldadeira  
 Pasteurizador  
 Selovac  
 Dreno prensa  
 Tina de filagem  
 Padronizadora/clarificadora  
 Torre de resfriamento do pasteurizador  
 Compressor de ar  
 Ralador  
 Máquina de embalar  
 Secador  
 Desnatadeira  
 Clarificadora  
 Resfriador  
 Monobloco  
 Fermenteira  
 Cortador/fatiador  
 Compressor de amônia  
 Condensador  
 Filtro rotativo

---

**Fonte: Autoria própria**

Todas essas máquinas são capazes de receber até 80.000 litros de leite por dia, mas esse número raramente é atingido, visto que a região sofre bastante com a seca no período de maio a outubro.

Para a continuação desse trabalho e um melhor entendimento de como a linha de produção funciona, foi analisado apenas uma parte do processo, e não ele todo, visto que existe uma divergência grande de tempos de maturação e salga dos produtos e não é vantajoso levar esse tempo em consideração, uma vez que ele agrega pouco valor ao processo e não utiliza nenhuma máquina. Apesar disso, o Quadro 5 indica o tempo (em dias) que cada um dos principais produtos leva da etapa inicial até o produto final.

PRODUTO	TEMPO (DIAS)
Parmesão	180
Prato	24
Minas Padrão	20
Tropical	12
Provolone	8
Muçarela	3
Frescal	1
Coalho	1

**Quadro 5 – Tempo de preparo dos principais produtos em dias**  
**Fonte: Entrevista realizada em julho de 2016 - Autoria própria**

Como pode ser visto no Quadro 5, existe uma diferença significativa do tempo de produção dos produtos, onde com apenas um dia já se tem a saída de alguns produtos, mas por outro lado, o parmesão precisa de seis meses para que possa ser comercializado. A contabilização dos tempos indicados foi feita de acordo com os resultados da entrevista realizada e é válida para todos os produtos. Para a armazenagem dos produtos que ficam muito tempo em repouso, como o parmesão por exemplo, existe uma câmara fria capaz de armazenar os produtos até que eles estejam prontos para o consumo.

Nesse trabalho, para que fosse possível a identificação do melhor tipo de balanceamento de linha, foram analisadas as etapas referentes ao início do processo (Recepção de leite cru na indústria) até o momento da prensagem. As etapas posteriores à esta não foram consideradas pois são elas as responsáveis pela diferença de tempo entre cada processo.

Nesses processos, é possível que se considere o *mix* de produtos como um só, pois o que caracteriza a diferença dos tipos de queijo é o acréscimo de produtos químicos, que não alteram o tempo de utilização de cada uma das máquinas, e as etapas posteriores às que foram analisadas.

A produção característica da empresa é a produção empurrada, onde a ordem de produção vem da quantidade de matéria-prima recebida e não da quantidade de produto que deve ser produzido. O leite, sendo a matéria-prima principal, atua como elemento chave da produção e depende da produção dos fornecedores e da época do ano. Sendo assim, a quantidade de leite recebida varia de acordo com os meses.

O período em que foi realizada a entrevista e a visita técnica se enquadra dentro dos meses onde a produção é mais baixa (julho, agosto e setembro), devido à seca que a região apresenta nesses meses. Nessa época, a produção pode chegar a menos de 50% da sua capacidade máxima.

Para a definição da quantidade de cada tipo de queijo que será produzido em um dia de trabalho, existe uma ordem de produção estabelecida pela alta gerência, mas que é bastante variável. O pedido é feito semanalmente, mas ele é feito em forma de porcentagem, uma vez que é difícil prever a quantidade de leite que será recebida no dia. Além disso, nem todos os produtos são feitos todos os dias; o queijo parmesão e o queijo tropical, por exemplo, nunca são produzidos juntos. Dessa forma, se em um dia houver a necessidade de produzir um dos dois tipos de queijo, o outro não será produzido.

#### 4.2.2 Cálculo do tempo de ciclo

Para que seja mais fácil a compreensão da quantidade de leite que cada tipo de queijo requer, foi construída a Tabela 3. Nela é possível analisar a quantidade de leite que um quilo de cada produto necessita e também o peso de cada peça pronta para a venda.

**Tabela 3 – Relação entre litros de leite/peça de queijo**

<b>Produto</b>	<b>Quantidade de litros/kg</b>	<b>Peso da peça pronta</b>
Parmesão	14 litros	6kg
Tropical	12 litros	5kg
Coalho	11 litros	3,5kg
Provolone	11 litros	5kg
Muçarela	10 litros	4,250kg
Fresco	4 litros	3kg

**Fonte: Entrevista realizada em julho de 2016 – Autoria própria**

Para a determinação do TC foi utilizado os dados de pedido do dia em que foi feita a visita técnica. Nesse dia, foi produzido parmesão, portanto não houve produção de queijo tipo tropical.

Foi preciso produzir 40% do volume de leite recebido em queijo tipo muçarela, 18% em queijo tipo provolone, 18% em queijo tipo coalho, 14% em queijo tipo parmesão e 10% em queijo tipo fresco. A Tabela 4 indica a quantidade de leite que foi destinada para cada tipo de queijo e a quantidade de produto produzido ao final do dia. Nesse dia foi recebido 36.000 litros de leite.

**Tabela 4 – Relação entre a quantidade de leite destinada a cada tipo de queijo**

<b>Produto</b>	<b>Quantidade de leite destinada (L)</b>	<b>Quantidade produzida (kg)</b>	<b>Quantidade de peças (unidades)</b>
Muçarela	14.400 litros	1.440kg	338 unidades
Provolone	6.500 litros	590kg	118 unidades
Coalho	6.500 litros	590kg	168 unidades
Parmesão	5.000 litros	357kg	59 unidades
Fresco	3.600 litros	900kg	300 unidades

**Fonte: Visita técnica realizada em julho de 2016 – Autoria própria**

Para que fosse possível a análise do melhor tipo de *layout*, foi calculado o TC da operação, apresentado na equação (3), onde foi considerado que cada operador trabalha 8 horas por dia com uma eficiência de 95%, valor considerado por conta de algumas pausas que são feitas durante o dia no horário de serviço.

Tempo de produção:  $8h * 60min * 95\% = 456$  minutos

Número de peças produzidas: 983 peças (total de peças para os 25 funcionários que trabalham ativamente na linha de produção)

$$TC = 456 / (983/25)$$

$$TC = 11,60 \text{ minutos/peça}$$

(3)

O TC então é tempo total necessário para que um produto passe por todas as etapas do processo na linha de produção.

#### 4.2.3 Cálculo do número de operadores

Para determinar o número de estações de trabalho, foi preciso determinar o tempo de utilização de cada uma das máquinas durante o processo produtivo, que pode ser visualizado na Tabela 5. O tempo de *setup* para a manutenção das máquinas durante um processo e outro também está identificado.

**Tabela 5 – Tempo de utilização de cada máquina na linha de produção**

Máquina	Mucarela	Fresco	Provolone	Parmesão	Coalho
Recepção (A)	10min	10min	10min	10min	10min
Pesagem (B)	1min	1min	1min	1min	1min
Resfriamento (C)	1min	1min	1min	1min	1min
Filtração/clarificação (D)	1min	1min	1min	1min	1min
Pausterização (E)	3min	3min	3min	3min	3min
Coagulação (F)	45min	45min	45min	40min	45min
Corte (G)	5min	10min	5min	5min	5min
Mexedura/aquecimento (H)	40min	35min	50min	30min	20min
Dessoragem (I)	10min	10min	10min	10min	10min
Moldagem (J)	2min	2min	2min	2min	2min
Prensagem (K)	-	20min	-	30min <sup>1</sup>	15min
Filagem (L)	20min	-	20min	-	-
Setup e limpeza das máquinas (M)	60min	60min	60min	60min	60min
<b>Total</b>	<b>198min</b>	<b>198min</b>	<b>208min</b>	<b>193min</b>	<b>173min</b>

Fonte: Visita técnica realizada em julho de 2016 – Autoria própria

<sup>1</sup> O parmesão passa por várias etapas de prensagem, que acabam durando até 12 horas. Para esse estudo, foi considerado apenas a primeira prensagem.

O tempo total do processo foi feito considerando-se uma média ponderada dos tempos necessários para cada processo em cada tipo de máquina. Também foi necessário calcular uma quantidade média de produto que cada máquina processa por vez, visto que a matéria-prima fica em tanques móveis, passando pelas máquinas para que elas possam agir sobre o produto. Foi adicionado também o tempo que a máquina fica parada para limpeza e *setup*, ou seja, o tempo necessário para que sejam feitos os ajustes necessários nas máquinas antes que o processo comece novamente.

Como os tanques têm capacidade de 5.000 litros, foi feito o cálculo da quantidade de peças em unidades (u) que os tanques produzem, uma vez que o tempo apresentado na Tabela 5 se refere à máquina e não apenas a uma peça. Portanto, o Quadro 4 mostra como ficaram os cálculos para este caso, onde foi dividida a capacidade de cada tanque, ou lote de produção, pela quantidade de litros para fazer cada tipo de queijo e depois pelo peso de cada peça.

	<b>Muçarela</b>	<b>Fresco</b>	<b>Provolone</b>	<b>Parmesão</b>	<b>Coalho</b>
<b>Quantidade/máquina</b>	117u	416u	91u	59u	130u

**Quadro 4 – Quantidade de peças por lote de produção**

**Fonte: Autoria própria**

Assim foi calculado o tempo total do processo e o número de operadores ideal, através das equações (4) e (5) respectivamente:

$$\text{Tempo total do processo} = (198 \cdot 117 + 198 \cdot 416 + 208 \cdot 91 + 193 \cdot 59 + 173 \cdot 130) / 983$$

$$\text{Tempo total do processo} = 161,08 \text{ minutos}$$

(4)

$$N = \text{Tempo total do processo} / \text{Tempo de ciclo}$$

$$N = 161,08 / 11,6$$

$$N = 13,88 \text{ operadores}$$

(5)

Esse valor encontrado de 14 operadores, é conhecido como número ideal de operadores.

### 4.3 APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO

Para continuação do trabalho, foi realizado então o balanceamento de linha seguindo os três modelos apresentados no referencial teórico (Método *Ranked Positional Weight*, Método *Largest Candidate Rule* e Método *Kilbridge & Wester*)

O balanceamento de linha dos três modelos segue um algoritmo matemático para a determinação do número de postos de trabalho que está representado nas equações (6) e (7):

$$\text{Minimizar} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=a}^m \frac{M_j}{TC} \leq X_i \quad (7)$$

$X_i \in Z$  e  $X_i \geq 0$ ,

Onde,

$X_i$  = o número de postos de trabalho,

$M_j$  = Tempo das etapas do processo

$TC$  = Tempo de ciclo

#### ➤ *Ranked Positional Weight*

Para o balanceamento de linha desse modelo, foi seguida as instruções contidas no referencial teórico deste trabalho e então foi montado o Quadro 5. Nele é possível identificar as tarefas que foram analisadas e seus respectivos pesos, que foram importantes para a determinação das alocações.



Foi montado a tabela de tarefas de acordo com o peso da posição de cada uma delas seguindo a equação (8):

$$Pwi = ti + \sum(\text{tempos das tarefas sucessoras}) \quad (8)$$

Onde:

Pwi = Peso da posição da tarefa i;

Ti = Tempo de execução da tarefa i.

O tempo de duração média foi calculado a partir de uma média ponderada dos tempos das atividades, onde foi levado em consideração a quantidade de produtos produzidos e o tempo das máquinas utilizadas.

Tarefa	Duração média (min)	Tarefas precedentes	Peso da posição	Alocação
A	10	-	213	1
B	1	A	203	2
C	1	A, B	202	3
D	1	A, B, C	201	4
E	3	A, B, C, D	200	5
F	45	A, B, C, D, E	197	6
G	6	A, B, C, D, E, F	153	7
H	34	A, B, C, D, E, F, G	147	8
I	10,3	A, B, C, D, E, F, G, H	112	9
J	2	A, B, C, D, E, F, G, H, I	102	10
K	9	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J	100	11
L	10	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K	80	12
M	60	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	60	13

**Quadro 5 – Modelo de balanceamento *Ranked Positional Weight***  
**Fonte: Autoria própria**

Após todas as tarefas terem sido alocadas, foi então construído um quadro com os postos de trabalho definidos e a eficiência de cada um deles. O resultado está apresentado no Quadro 6.

POSTO	1	2	3	4	5	6	7	8	TC
Operações	A+B	C+D+E+G	F	H	I	J + K	L	M	
Número de operadores	1	1	4	3	1	1	1	6	
Tempo	11	11	11	11,33	10	11	10,3	10	11,6min
Ocupação	95%	95%	95%	98%	86%	95%	89%	86%	

**Quadro 6 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo *Ranked Positional Weight***  
**Fonte: Autoria própria**

No Quadro 6 é possível concluir que são necessários 8 postos de trabalho e que em quase todos os postos, a taxa de ocupação é superior a 90%.

➤ *Largest Candidate Rule*

A lógica aplicada nesse modelo foi a mesma do modelo passada, seguindo as orientações já determinadas no referencial teórico. As atividades foram organizadas de acordo com seu tempo de execução, seguindo uma ordem decrescente de valores. O modelo criado está apresentado no Quadro 7 que foi construído com base nas equações (6) e (7) já apresentadas neste trabalho.

Tarefa	M	F	H	L	A	I	K	G	E	J	B	C	D
Tempo (min)	60	45	34	10,3	10	10	9	6	3	2	1	1	1

**Quadro 7 – Modelo de balanceamento *Largest Candidate Rule***  
**Fonte: Autoria própria**

Nesse modelo, um pouco mais simples que o anterior, as tarefas foram ordenadas em ordem decrescente e então alocadas aos postos de trabalho, identificados no Quadro 8.

POSTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TC
Operações	M	F	H	L	A	I	K	G+E+J	B+C+D	
Número de operadores	6	4	3	1	1	1	1	1	1	
Tempo	10	11	11,33	10,3	10	10	9	11	3	11,6min
Ocupação	86%	95%	98%	89%	86%	86%	77%	95%	26%	

**Quadro 8 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo *Largest Candidate Rule***  
**Fonte: Autoria própria**

Percebe-se que o Quadro 9 já apresenta características distintas ao Quadro 7, como a ordem em que as tarefas foram alocadas, a taxa de ocupação e também o número de postos de trabalho.

➤ *Kilbridge & Wester*

O último modelo estudado também seguiu às regras que foram apresentadas no referencial teórico e acabou por apresentar um resultado pior em relação aos outros dois modelos, como pode ser observado nos Quadros 9 e 10 apresentados a seguir.

Tarefa	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Tempo	10	1	1	1	3	45	6	34	10	2	9	10,3	60

**Quadro 9 – Modelo de balanceamento de *Kilbridge & Wester***  
**Fonte: Autoria própria**

POSTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TC
Operações	A+B	C+D+E	F	G	H	I	J+K	L	M	
Número de operadores	1	1	4	1	3	1	1	1	6	
Tempo	11	5	11	6	11,3	10	11	10,3	10	11,6min
Ocupação	95%	43%	95%	52%	98%	86%	95%	89%	86%	

**Quadro 10 – Determinação dos postos de trabalho pelo modelo *Kilbridge & Wester***  
**Fonte: Autoria própria**

Por conta das características do método, houve a necessidade de um posto de trabalho a mais, se comparado com o primeiro método, se igualando então, ao

segundo modelo apresentado. Para a confirmação do método mais eficaz, foi feita uma média das taxas de ocupação dos três métodos analisados.

Taxa de ocupação *Ranked Positional Weight* (TORPW)

$$\begin{aligned} \mathbf{TORPW} &= (95\% + 95\% + 95\% + 98\% + 86\% + 95\% + 89\% + 86\%)/8 \\ \mathbf{TORPW} &= 92,38\% \end{aligned}$$

(9)

Taxa de ocupação *Largest Candidate Rule* (TOLCR)

$$\begin{aligned} \mathbf{TOLCR} &= (86\% + 95\% + 98\% + 89\% + 86\% + 86\% + 77\% + 95\% + 26\%)/9 \\ \mathbf{TOLCE} &= 82\% \end{aligned}$$

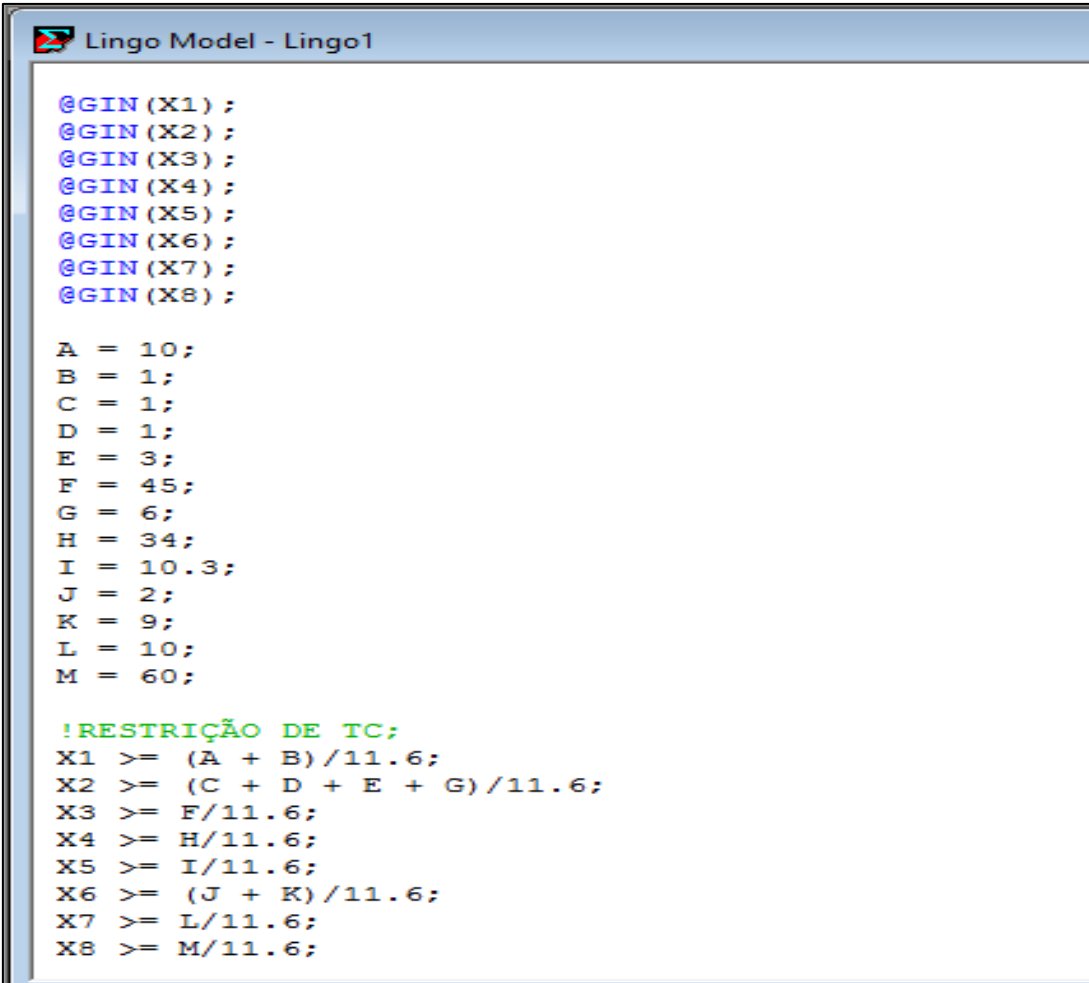
(10)

Taxa de ocupação *Kilbridge & Wester* (TOKW)

$$\begin{aligned} \mathbf{TOLCR} &= (95\% + 43\% + 95\% + 52\% + 98\% + 86\% + 95\% + 89\% + 86\%)/9 \\ \mathbf{TOKW} &= 82,11\% \end{aligned}$$

(11)

Para confirmar os dados encontrados, foi modelado os três métodos utilizados no *software* LINGO 16.0, afim de provar que o número mínimo de operadores encontrado é o ideal para cada um dos métodos. As Figuras 15 e 16 demonstram a lógica desenvolvida no *software* e seu resultado para o método *Ranked Positional Weight*.



```
Lingo Model - Lingo1

@GIN(X1);
@GIN(X2);
@GIN(X3);
@GIN(X4);
@GIN(X5);
@GIN(X6);
@GIN(X7);
@GIN(X8);

A = 10;
B = 1;
C = 1;
D = 1;
E = 3;
F = 45;
G = 6;
H = 34;
I = 10.3;
J = 2;
K = 9;
L = 10;
M = 60;

!RESTRICÇÃO DE TC;
X1 >= (A + B)/11.6;
X2 >= (C + D + E + G)/11.6;
X3 >= F/11.6;
X4 >= H/11.6;
X5 >= I/11.6;
X6 >= (J + K)/11.6;
X7 >= L/11.6;
X8 >= M/11.6;
```

Figura 15 – Modelagem do método *Ranked Positional Weight*  
Fonte: Autoria Própria

Solution Report - Lingo1		
Variable	Value	Reduced Cost
X1	1.000000	1.000000
X2	1.000000	1.000000
X3	4.000000	1.000000
X4	3.000000	1.000000
X5	1.000000	1.000000
X6	1.000000	1.000000
X7	1.000000	1.000000
X8	6.000000	1.000000
A	10.00000	0.000000
B	1.000000	0.000000
C	1.000000	0.000000
D	1.000000	0.000000
E	3.000000	0.000000
F	45.00000	0.000000
G	6.000000	0.000000
H	34.00000	0.000000
I	10.30000	0.000000
J	2.000000	0.000000
K	9.000000	0.000000
L	10.00000	0.000000
M	60.00000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	18.00000	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000

**Figura 16 – Resultado do número de operadores necessários em cada posto de trabalho**  
**Fonte: Autoria própria**

Os resultados encontrados pelo algoritmo e indicados pela Figura 16 informam que os valores referentes a X1, X2, X3, ..., X8, são os mesmos encontrados no Quadro 6 e são a quantidade ideal de operários para esse caso.

Seguindo a mesma lógica, foi desenvolvido um algoritmo para a validação dos resultados encontrados para o método *Largest Candidate Rule* e o resultado encontra-se nas Figura 17 e Figura 18.

```

Lingo Model - Lingo1
MIN = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9;

@GIN(X1);
@GIN(X2);
@GIN(X3);
@GIN(X4);
@GIN(X5);
@GIN(X6);
@GIN(X7);
@GIN(X8);
@GIN(X9);

A = 10;
B = 1;
C = 1;
D = 1;
E = 3;
F = 45;
G = 6;
H = 34;
I = 10.3;
J = 2;
K = 9;
L = 10;
M = 60;

!RESTRIÇÃO DE TC;
X1 >= M/11.6;
X2 >= F/11.6;
X3 >= H/11.6;
X4 >= L/11.6;
X5 >= A/11.6;
X6 >= I/11.6;
X7 >= K/11.6;
X8 >= (G + E + J)/11.6;
X9 >= (B + C + D)/11.6;

```

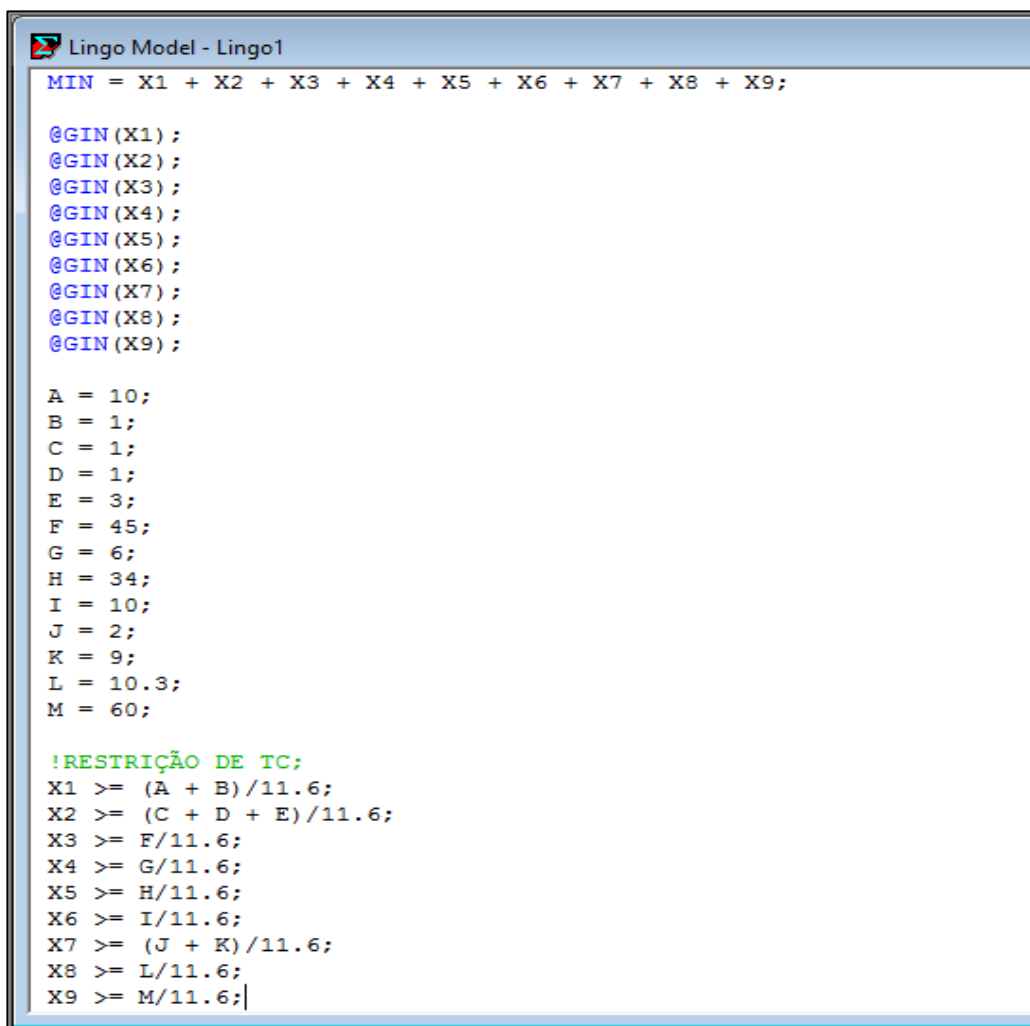
Figura 17 – Modelagem do método *Largest Candidate Rule*  
 Fonte: Autoria própria

Variable	Value	Reduced Cost
X1	6.000000	1.000000
X2	4.000000	1.000000
X3	3.000000	1.000000
X4	1.000000	1.000000
X5	1.000000	1.000000
X6	1.000000	1.000000
X7	1.000000	1.000000
X8	1.000000	1.000000
X9	1.000000	1.000000
A	10.000000	0.000000
B	1.000000	0.000000
C	1.000000	0.000000
D	1.000000	0.000000
E	3.000000	0.000000
F	45.000000	0.000000
G	6.000000	0.000000
H	34.000000	0.000000
I	10.300000	0.000000
J	2.000000	0.000000
K	9.000000	0.000000
L	10.000000	0.000000
M	60.000000	0.000000

Figura 18 – Resultado no número de operadores necessários em cada posto de trabalho  
 Fonte: Autoria própria

Os resultados encontrados pelo algoritmo e indicados pela Figura 18 informam que os valores referentes a X1, X2, X3, ..., X9, são os mesmos encontrados no Quadro 8 e são a quantidade ideal de operários para esse caso.

Por fim, foi desenvolvido um outro algoritmo para a validação dos resultados encontrados para o método *Kilbridge & Wester* e o resultado encontra-se nas Figura 19 e Figura 20.



```
Lingo Model - Lingo1
MIN = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9;

@GIN(X1);
@GIN(X2);
@GIN(X3);
@GIN(X4);
@GIN(X5);
@GIN(X6);
@GIN(X7);
@GIN(X8);
@GIN(X9);

A = 10;
B = 1;
C = 1;
D = 1;
E = 3;
F = 45;
G = 6;
H = 34;
I = 10;
J = 2;
K = 9;
L = 10.3;
M = 60;

!RESTRICÇÃO DE TC;
X1 >= (A + B)/11.6;
X2 >= (C + D + E)/11.6;
X3 >= F/11.6;
X4 >= G/11.6;
X5 >= H/11.6;
X6 >= I/11.6;
X7 >= (J + K)/11.6;
X8 >= L/11.6;
X9 >= M/11.6;
```

Figura 19 – Modelagem do método *Kilbridge & Wester*  
Fonte: Autoria própria



Solution Report - Lingo1		
Variable	Value	Reduced Cost
X1	1.000000	1.000000
X2	1.000000	1.000000
X3	4.000000	1.000000
X4	1.000000	1.000000
X5	3.000000	1.000000
X6	1.000000	1.000000
X7	1.000000	1.000000
X8	1.000000	1.000000
X9	6.000000	1.000000
A	10.00000	0.000000
B	1.000000	0.000000
C	1.000000	0.000000
D	1.000000	0.000000
E	3.000000	0.000000
F	45.00000	0.000000
G	6.000000	0.000000
H	34.00000	0.000000
I	10.00000	0.000000
J	2.000000	0.000000
K	9.000000	0.000000
L	10.30000	0.000000
M	60.00000	0.000000

**Figura 20 – Resultado do número de operadores necessário em cada posto de trabalho**  
**Fonte: Autoria própria**

De acordo com os resultados encontrados, foi construída uma tabela comparativa entre os três modelos desenvolvidos. O primeiro método necessita de 18 operadores, enquanto o segundo e o terceiro modelos precisam de 19 colaboradores. Caso os métodos 2 e 3 tivessem apenas 18 operadores, o número de peças produzidas seria menor. A Tabela 6 mostra quantas unidades de produtos seria produzida caso a eficiência do processo fosse de 100%.

**Tabela 6 – Quantidade de peças produzida (u) por método**

<b>Método</b>	<b>Quantidade de peças que poderia ser produzidas com 18 operadores (u)</b>
Ranked Positional Weight	1263
Largest Candidate Rule	1196
Kilbridge & Wester	1196

**Fonte: Autoria própria**

Como pode ser observado na Tabela 6, os dois últimos métodos apresentam uma redução de 5,3% em relação ao primeiro método.

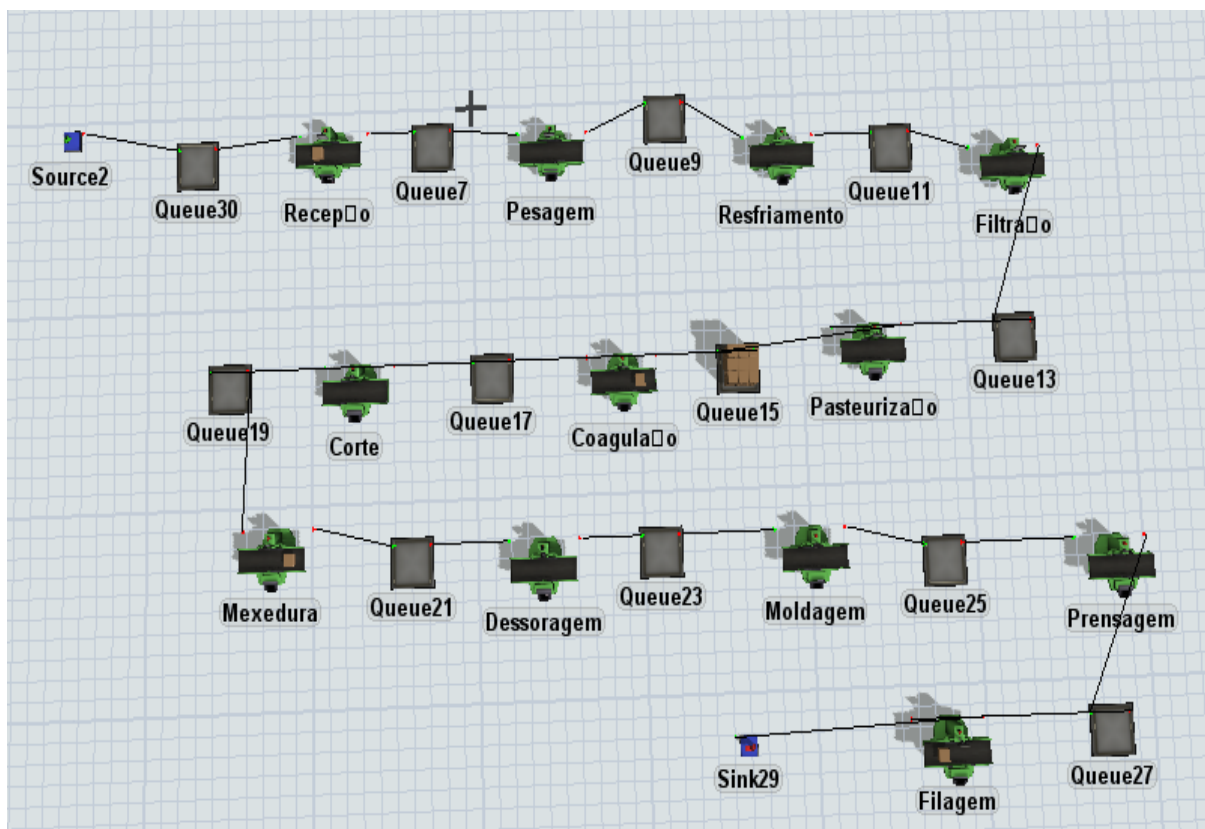
A produção nessa indústria, mesmo sendo mista, não possui diferença na parte do processo produtivo que foi analisado, mas sim nos produtos que são adicionados ao processo e ao tempo de maturação de cada produto, que não foi levado em consideração no trabalho. Sendo assim, pode-se dizer que ela se caracteriza como uma linha de produção contínua, de produto simples.

#### 4.4 MODELAGEM DO BALANCEAMENTO

Para a modelagem do resultado no *software* proposto, foi utilizado um computador com processador AMD E1-1200 APU com memória RAM de 4gb – 64bit. O *software* serviu como um suporte para exemplificar a linha de produção.

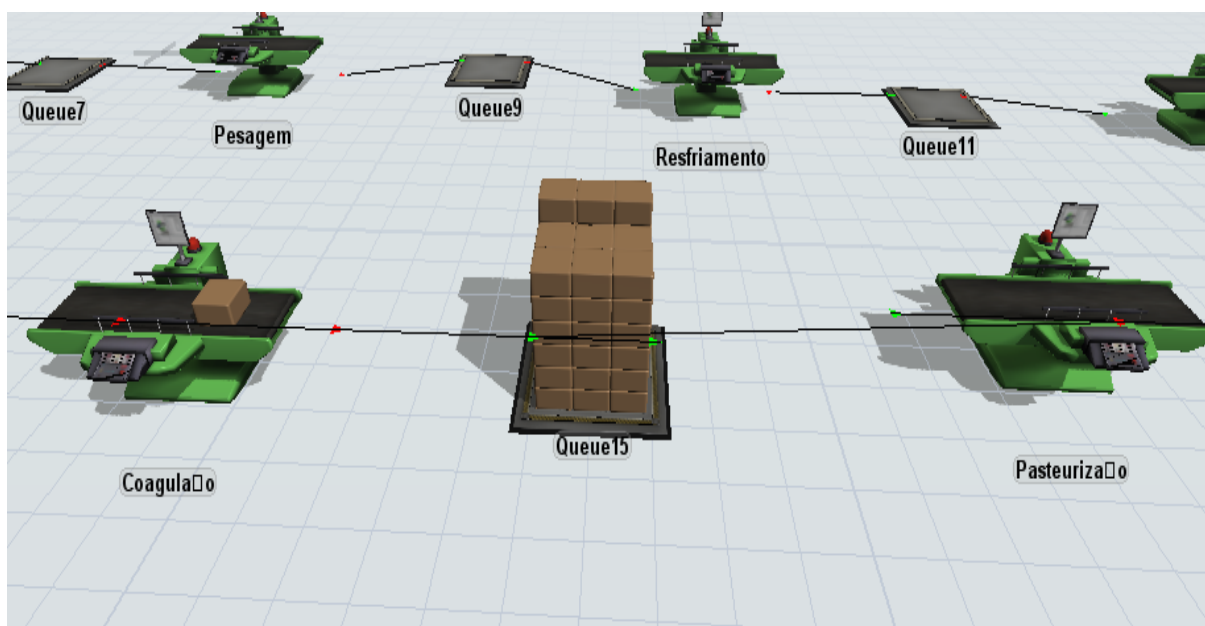
Por ser uma versão demo, com *download* gratuito no próprio site da empresa, existem muitas funções que não são disponibilizadas e até mesmo a quantidade de recursos que pode ser utilizado é limitada. Assim, foi construído um modelo baseado na linha de produção da fábrica de forma que fosse o mais fiel possível à realidade.

O melhor modelo apresentado foi o método *Ranked Positional Weight*, sendo ele, portanto, o escolhido para ser modelado. Como a versão não suporta muitas entradas de dados, não foi possível adicionar operários para ilustrar a produção, por outro lado, a linha de produção pode ser construída e está representada na Figura 21.



**Figura 21 – Modelagem do método *Ranked Positional Weight* no software FlexSim**  
 Fonte: Autoria própria

Para a modelagem, foi adicionado uma função de “fila” para o final de cada processo, caracterizando o tempo de espera entre uma atividade que não requer muito tempo para outra mais demorada. Cada etapa da linha de produção está caracterizada por uma das máquinas verdes. A Figura 22 ilustra como ficaram representadas as filas de espera entre cada processo.



**Figura 22 – Detalhamento da espera entre um processo e outro na linha de produção modelado no software FlexSim**

Fonte: Autoria própria

É possível identificar que o processo de coagulação é um ponto crítico da linha de produção, visto que ele leva um tempo maior que as outras atividades. O mesmo é observado na etapa de mexedora e aquecimento, porém como ela é posterior à etapa de coagulação, esta se caracteriza como mais crítica do processo todo.

#### 4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS

Ao longo das análises para a obtenção dos resultados encontrados, e nos momentos da entrevista e visita técnica, foi possível identificar alguns pontos de melhorias que não são difíceis de serem aplicados, principalmente por se tratar de uma empresa de porte pequeno.

A linha de produção já possui um *layout* por produto, que nesse caso, acaba sendo a melhor opção para a empresa, visto que esse tipo de arranjo alcança bons resultados no quesito produtividade e baixo custo unitário.

A escolha do melhor modelo de balanceamento de linha apresentado e sua implementação é válida, visto que a empresa, por ser ainda nova, não possui muitos investimentos nessa área e acaba pecando nesse quesito.

Como não existe nenhum estudo aplicado, os funcionários são instruídos apenas a executar suas atividades, sem nenhuma preocupação com possíveis oportunidades de melhorias que possam existir.

Além da aplicação do tipo de *layout* proposto, outra oportunidade de melhoria que pode ser observada é com relação às atividades executadas pelos funcionários na linha de produção. Pode ser implementado uma rotatividade de cargos, onde os funcionários teriam a oportunidade de trabalhar em todas as etapas do processo produtivo e assim conheceriam todo processo e não ficaram presos à apenas uma etapa.

Essas oportunidades de melhoria podem trazer não apenas resultados quantitativos, mas também qualitativos, uma vez que envolve o conhecimento adquirido por conta dos funcionários. Para que seja identificado os resultados que essas sugestões podem trazer, é necessário um novo estudo focado nessa área.

#### 4.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Ao longo do projeto, alguns problemas foram encontrados que acabaram por dificultar o andamento do mesmo. O fato de alguns produtos demorarem até seis meses para ficarem prontos, inviabilizou o estudo do processo como um todo, e foi necessário analisar apenas uma parte da linha de produção.

Por se tratar de uma produção bem específica, onde todos os processos são semelhantes, foi necessário um estudo mais aprofundado na área da produção de queijos, devido à sua complexidade e suas características que não são muito abordadas dentro das universidades.

Outra dificuldade encontrada está relacionada à complexidade do sistema produtivo como um todo, visto que se trata de uma produção contínua, cheia de máquinas e etapas e que precisaram de uma atenção redobrada na hora de retirar as informações durante a visita técnica e na hora de elaborar o roteiro da entrevista.

O maior problema, no entanto, foi com relação ao *software* utilizado para a modelagem, visto que sua licença é limitada e o aluno não tinha acesso a algumas ferramentas que poderiam ilustrar melhor o balanceamento de linha proposto. A solução nesse caso foi utilizar dos recursos disponíveis e criar uma versão mais próxima do real possível.

Por esses fatos, algumas divergências do resultado esperado para o resultado final, caso seja implementado, são esperadas, visto que na prática podem surgir outros tipos de limitações e problemas. O esperado é que seja algo parecido ao que foi proposto, e não uma cópia fiel do modelo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que fosse possível alcançar o objetivo geral deste trabalho e responder à pergunta problema foi preciso se atentar aos objetivos específicos do mesmo.

Sendo assim, quanto ao primeiro objetivo específico, “analisar os modelos de arranjos possíveis para implementação”, pode-se concluir que o primeiro dos três modelos apresentados possui os melhores resultados devido às características da empresa analisada e do processo produtivo. Sendo assim, ele traria o resultado mais ideal. Os outros dois métodos trariam resultados inferiores e, portanto, não deveriam ser utilizados pela empresa. É importante ressaltar que qualquer mudança na linha de produção pode alterar os resultados encontrados, gerando diferenças nos modelos que foram analisados e assim, seria necessária uma nova análise dos resultados para escolha do modelo ideal.

Quanto à modelagem do novo cenário do processo produtivo, o *software* veio por confirmar a importância de um bom balanceamento na produção, visto que, caso não sejam alocadas mais pessoas para determinados processos, ocorrerá uma fila indesejada de produtos, decorrente da diferença dos tempos que cada máquina leva para completar suas atividades. Portanto, o *software* agiu como um suporte para os resultados encontrados nos modelos de balanceamento.

O último objetivo específico salienta a análise do novo balanceamento e a proposta de melhoria para a operação. Pelas características apresentadas da empresa, a nova proposta é válida e passível de implementação, visto que ela agrega resultados positivos para a empresa. Foi sugerido ainda, a implantação da rotatividade de cargos dentro da linha de produção, que gera um maior conhecimento do processo por parte dos funcionários, tornando-o mais dinâmico.

A visita técnica, além de proporcionar um maior entendimento do processo por parte do aluno, serviu também para que a empresa pudesse entender que existem ferramentas fáceis de serem aplicadas e que podem trazer bons resultados a curto prazo. Todos se mostraram dispostos a buscar conhecer mais sobre os meios de otimizar o processo de produção e tornar a empresa mais eficiente.

Para que o trabalho tenha um caráter de melhoria contínua, algumas sugestões podem ser colocadas como projetos futuros, afim de que, caso os resultados sejam de fato aplicados e surtam efeitos, possam trazer melhorias ainda

mais rentáveis para a empresa. Algumas sugestões de melhoria que podem ser analisadas e discutidas pela empresa então dispostas a seguir:

- Ampliação da área analisada para os cálculos do balanceamento de linha;
- Expansão do estudo para outras áreas dentro da empresa, como por exemplo, o setor financeiro;
- Investimento em máquinas que possam minimizar o tempo de operação das atividades;
- Investimento em técnicas de melhorias para que os funcionários comecem a produzir de forma mais eficaz.

Portanto, ao longo dos meses de estudo, foi possível elaborar um *layout* capaz de trazer mais resultados para o processo produtivo. As implementações ficam então, à cargo da empresa, mas as relações entre aluno – empresa estão firmes para que o processo de melhoria contínua seja mantido e gera ainda mais resultados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATALHA, M.O. (Coord.). **Gestão agroindustrial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BALLOU, Ronald. H., **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2004

BALLOU, Ronald. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2011.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO – BNDES. **Perspectivas do Investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. Disponível em:  
<[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2842/7/Perspectivas%20do%20investimento%202015-2018%20e%20panoramas%20setoriais\\_atualizado\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2842/7/Perspectivas%20do%20investimento%202015-2018%20e%20panoramas%20setoriais_atualizado_BD.pdf)>  
Acesso em: 30.mai.2016

BECKER, Christian; SCHOLL, Armin. **A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing**. European journal of operational research 168.3 p 694-715. 2006.

BLACK, J. T.O **Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, Reimpressão: 2001.

BOYSEN, N; FLIEDNER, M; SCHOLL, A. **A Classification of Assembly Line Balancing Problems**. European Journal of Operational Research 183(2): 674–693, 2007.

CORRÊA, H. L; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Atlas,2008

CREMOLAT LTDA. **Relatório Mensal de Rendimento e Produção**. Bernardo Sayão. 2016

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas & CHASE Richard. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001

DEMBOGURSKI, Renan, et al. **Balanceamento de linha de produção**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGETP. Rio de Janeiro, 2008  
Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegetp2008\\_tn\\_sto\\_069\\_490\\_11644.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegetp2008_tn_sto_069_490_11644.pdf)>  
Acesso em 20.maio.2016

GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira 2001

GERHARDT, M. P. **Sistemática para aplicação de procedimento de balanceamento em linhas de multi-modelos**. Tese Mestrado em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991

GRZECHCA, W., FOULDS, L. R.. **The Assembly Line Balancing Problem with Task Splitting: A Case Study**. *IFAC-PapersOnLine* 48.3 (2015): 2002-2008.  
Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315006217>> Acesso em:  
20.maio.2016

HELGESON, W. B., BIRNIE, D. P. **Assembly line balancing using the ranked positional weighting technique**, *Journal of Industrial Engineering*, 1961

HYUN, Chul Ju; KIM, Yeongho; KIM, Yeo Keun. **A genetic algorithm for multiple objective sequencing problems in mixed model assembly lines**. *Computers & Operations Research* 25.7 (1998): 675-690.

HU, S. Jack, et al. **"Assembly system design and operations for product variety"**. *CIRP Annals-Manufacturing Technology* 60.2 (2011): 715-733.

JAGANATHAN, V. P. **Line Balancing Using Largest Candidate Rule Algorithm in a Garment Industry: A Case Study**. International Journal of Lean Thinking, v. 5. Dez. 2014. Disponível em: <[http://thinkinglean.com/img/files/V.\\_P.Jaganathan.pdf](http://thinkinglean.com/img/files/V._P.Jaganathan.pdf)> Acesso em: 21.maio.2016

JIANG, S., NEE, A. Y. C. **A Novel Facility Layout Planning and Optimization Methodology**. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2013 Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850613001340>> Acesso em: 15.maio.2016

LEE, Quarterman. **Projeto de Instalações e do Local de Trabalho**. 1. Ed. Brasil: Instituto IMAM, 2006.

MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2001

MIYAKE, Daria Ikuo. **Arranjo Físico de Sistemas de Produção**. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Produção. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/5369135-Arranjo-fisico-de-sistemas-de-producao-escola-politecnica-da-usp-departamento-de-engenharia-de-producao-prof-dr-dario-ikuo-miyake-2005.html>> Acesso em: 01.jun.2016

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações** – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

MOURA, Reinaldo A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 6. Ed.rev. São Paulo: Instituto IMAM, 2008. v.1

OLIVEIRA, Fabiola., et al. **Balanceamento de Linha de Produção: um estudo de caso em uma indústria naval**. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP. Bento Gonçalves, 2012. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STO\\_157\\_914\\_20754.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_157_914_20754.pdf)>

Acesso em: 29.maio.2016

PITONDO, M. **Análise de Perigos e Pontos Críticos – APPCC**. Tocantins, 2012

PUGLIESI, M; WALTER, W. **Layout Industrial**. São Paulo: Icone, 1989.

REGINATO, Gustavo. **Métodos de Balanceamento de Linhas de Montagem Uni-Modelo e Mista**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

CHASE, Richard B., JACOBS, F. e AQUILANO, Nicholas J. **Administração da Produção para Vantagem Competitiva**. Editora Bookman, décima edição, 2006.

ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção** – São Paulo: Makron Books, 1995

ROCHA, R.P. & OLIVEIRA, C.C. **Balanceamento de Linha**: Estudo de caso na produção de Boneless Leg (BL) em um frigorífico de aves. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENESEP) XXVII, 2007, Foz Iguaçu/PR. Anais... Foz Iguaçu/PR: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). 2007. Disponível em: <[http://fi.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr570427\\_0532.pdf](http://fi.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570427_0532.pdf)>. Acesso em: 27 de maio. 2016.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Micro e pequenas empresas geram 27% do PIB do Brasil**. Disponível em:

<[http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mt/noticias/micro-e-pequenas-empresas-geram-27-do-pib-do-](http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mt/noticias/micro-e-pequenas-empresas-geram-27-do-pib-do-brasil)

[brasil](http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mt/noticias/micro-e-pequenas-empresas-geram-27-do-pib-do-brasil),ad0fc70646467410VgnVCM2000003c74010aRCRD> Acesso em: 06.jun.2016

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE.

**Participação das Micro e Pequenas empresas na Economia Brasileira – Região**

**Norte.** Disponível em:

<observatorio.sebraego.com.br/midias/.../11022016114354.pdf> Acesso em:  
30.mai.2016

SILVA, G. G. M. P; et al. **A manufatura enxuta aplicada no setor de serviços: um estudo de caso.** Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Foz do Iguaçu, 2007.

SLACK, N. et al. **Administração da produção** – São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, Nigel. **Administração da Produção.** São Paulo, Atlas 2002.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção;** trad. Eduardo Schaan – 2. ed. – Porto Alegre: Artmed, 1996

TOMPKINS, J. A. et al. **Facility planning** (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1996

.

TUBINO, D.F.. **Planejamento e Controle da Produção** – Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2007.

YAGMAHAN, Betul. **Mixed-model Assembly Line Balancing Using a Multi-Objective Ant Colony Optimization Approach.** Expert Systems with Applications 38.10 (2001): p. 12453-12461.

YUAN, Zhiye. **A Dynamic Management Method for Fast Manufacturing Resource Reconfiguration.** International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering, v. 33, 2012, p. 1558-1564, 2012.

## APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Roteiro de entrevista:

Nome:

Cargo dentro da empresa:

1. Qual é a capacidade máxima que a planta possui atualmente para recebimento de matéria-prima?
2. Como funcionam os turnos da empresa? Existe algum tipo de rodízio de funcionários ou os horários são fixos?
3. Qual a quantidade de funcionários da linha de produção por turno?
4. Quanto tempo cada produto demora do momento em que a matéria-prima é recebida até a hora em que ele é embalado e destinado para o cliente?
5. Como funciona a linha de produção atualmente (Disposição das máquinas, ordem de produção, fluxograma do processo)?
6. A empresa pensa em ampliar suas instalações e investir em tecnologia de maquinário para otimizar o processo?