

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA UNIFICADA ENTRE
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO
DE *LAYOUT* EM UMA PEQUENA EMPRESA DO SETOR
ALIMENTÍCIO DO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

HUSSEIN ADNEN MUSTAFA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

OUTUBRO DE 2018

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA UNIFICADA ENTRE
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO
DE *LAYOUT* EM UMA PEQUENA EMPRESA DO SETOR
ALIMENTÍCIO DO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

HUSSEIN ADNEN MUSTAFA

Tese apresentada ao Centro de Ciência e
Tecnologia, da Universidade Estadual do
Norte Fluminense, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção

Orientador: Prof(a), Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato

Campos dos Goytacazes – RJ

Outubro de 2018

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA UNIFICADA ENTRE
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO
DE *LAYOUT* EM UMA PEQUENA EMPRESA DO SETOR
ALIMENTÍCIO DO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

HUSSEIN ADNEN MUSTAFA

Tese apresentada ao Centro de Ciência e
Tecnologia, da Universidade Estadual do
Norte Fluminense, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção

Aprovada em 25 de outubro de 2018

Comissão Examinadora:

Prof. Rodrigo Tavares Nogueira, D. Sc. – UENF

Prof. Geraldo Galdino de Paula Júnior, D. Sc. – UENF

Prof^a Camila Mendonça Romero Sales, D. Sc. – IFF

Prof^a. Jacqueline M. R. Cortes Barbirato, D. Sc. – UENF

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado a oportunidade de finalizar o mestrado em Engenharia de Produção.

O presente trabalho foi concluído com o apoio da Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de financiamento 001.

Agradeço a UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro por realizar o sonho em me tornar mestre.

À minha orientadora e professora Jacqueline Barbirato por todo o auxílio e disponibilidade em me orientar durante esta fase da minha vida e também por compartilhar o seu conhecimento me ajudando a finalizar a minha dissertação.

Aos membros da banca que aceitaram e se fizeram presente para compartilhar todo e qualquer conhecimento a fim de contribuir para o melhoramento deste trabalho.

Aos professores e funcionários da instituição que sempre prestaram ótimos serviços e que fazem com que seja possível o compartilhamento de conhecimentos naquela.

À todos os meus familiares que sempre me apoiaram e me deram forças para entrar, cursar e finalizar o mestrado na UENF.

À minha esposa Márcia Almeida Silva por toda compreensão, incentivo e apoio moral para que a conclusão deste curso fosse possível. Me auxiliando sempre que possível durante esses quase 3 anos.

E, também, à professora Camila Romero por estar presente no início do curso, me incentivando e pela presença na banca da minha dissertação, prestando todo o apoio e apontando todas as melhorias necessárias para a conclusão do trabalho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu finalizasse o curso e chegasse até esse momento. Deixo aqui os meus agradecimentos!!

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	VI
Lista de tabelas	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Objeto de Estudo.....	3
1.3. Problemática da pesquisa	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo Geral.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificativas	4
1.6. Estrutura do Trabalho	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Processo de Produção	6
2.1.1. Tipos de processos de produção.....	8
2.2. <i>Layout</i>	10
2.3. Tipos de <i>Layout</i>	12
2.3.1. <i>Layout</i> Posicional.....	13
2.3.2. <i>Layout</i> Funcional	14
2.3.3. <i>Layout</i> Celular	15
2.3.4. <i>Layout</i> por Produto ou Linear	16
2.4. SLP – Planejamento Simplificado de <i>Layout</i>	17
2.4.1. Aplicações do SLP no setor alimentício.....	23
2.5. Simulação.....	24
2.5.1. <i>Discrete Event Simulation</i> (DES) – Simulação a Eventos Discretos	26
2.5.2. ARENA	27
2.5.3. Aplicação da simulação a eventos discretos em empresas alimentícias.....	28

3.	METODOLOGIA PROPOSTA	31
3.1.	Mapeamento das informações pertinentes ao estudo	31
3.2.	Simulação computacional – analisar o atual <i>layout</i>	31
3.3.	Planejamento Sistemático de <i>Layout</i> – SLP	31
3.4.	Simulação computacional – avaliação do <i>layout</i> proposto:	32
4.	SOBRE A EMPRESA	33
4.1.	<i>Layout</i> da empresa	33
5.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	38
5.1.	Mapeamento das informações da empresa.....	38
5.2.	Aplicação da Simulação Computacional.....	38
5.3.	Aplicação no método SLP	40
5.4.	Aplicação da Simulação no novo <i>layout</i>	42
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
6.1.	Resultados da simulação do <i>layout</i> atual	44
6.2.	Resultados do SLP	44
6.3.	Simulação computacional do novo <i>layout</i>	46
7.	CONCLUSÕES.....	49
	REFERÊNCIAS.....	51

Lista de Figuras

Figura 1: Modelo de Transformação.....	6
Figura 2: Processo de produção de acordo com a relação volume/variedade.....	8
Figura 3: Tipos de layout relacionados à variedade VS quantidade da produção.....	12
Figura 4: Exemplo de layout posicional – Fábrica da Embraer.....	13
Figura 5: Exemplo de layout funcional.....	15
Figura 6: Exemplo de layout celular.....	16
Figura 7: Exemplo de Layout por produto – Produção de Papel.....	17
Figura 8: Sequenciamento gráfico do método SLP.....	19
Figura 9: Gráfico de Relacionamento.....	20
Figura 10: Diagrama de relacionamento.....	21
Figura 11: Planta da empresa.....	34
Figura 12: Planta da área de preparação e produção.....	35
Figura 13: Área de Preparação da massa.....	36
Figura 14: Área de produção do pão árabe.....	37
Figura 15: Modelo Conceitual.....	38
Figura 16: Imagem da tela do Arena.....	40
Figura 17: Enumeração dos processos da empresa.....	40
Figura 18: Gráfico de relacionamento.....	41
Figura 19: Diagrama de Relacionamento.....	42
Figura 20: Simulação do layout atual.....	44
Figura 21: Fila nos processos da empresa.....	44
Figura 22: Layout Proposto.....	45
Figura 23: Configuração da nova simulação.....	47
Figura 24: Resultados do novo layout.....	47
Figura 25: Resultados do novo layout sem limite de entrada.....	47
Figura 26 – Simulação com todas as Propostas.....	48

Lista de tabelas

Tabela 1: Determinação da área necessária para o layout.....	22
Tabela 2: Comparação do espaço percorrido na cozinha com o layout atual x proposto.....	29
Tabela 3. Comparação do custo total entre o layout atual e o proposto.....	30
Tabela 4: Descrição do modelo conceitual.....	39
Tabela 5: Deslocamento total por processo.....	41
Tabela 6: Área total necessária.....	42
Tabela 7: Novos parâmetros do modelo conceitual.....	43
Tabela 8: Deslocamento total do layout proposto.....	45
Tabela 9: Diferença de deslocamento entre layout.....	46

RESUMO

Com a constante globalização, as empresas vêm sofrendo cada vez mais com a concorrência. A fim de conseguir destaque no mercado, torna-se necessário que a empresa busque formas economicamente viável, objetivando otimizar a produção e atendendo as necessidades dos clientes. O presente trabalho tem como objetivo utilizar uma metodologia que possibilite a verificação e melhoria, se necessário, da produtividade de uma empresa do ramo alimentício. Estudos apontam que a alteração do *layout* das empresas pode reduzir o tempo de produção e de movimentação de cargas, alcançando uma melhor produtividade e um custo cada vez mais baixo. Dessa forma, o presente trabalho propôs uma metodologia unificada e realizou a aplicação da mesma em uma empresa do ramo alimentício na cidade de Campos dos Goytacazes, norte do estado do Rio de Janeiro. Os métodos utilizados foram o SLP – *Systematic Layout Planning* (Planejamento Simplificado de *Layout*) – e o DES – *Discrete Event Simulation* (Simulação a Eventos Discretos). Os resultados mostram que a simulação teve um papel fundamental, pois, além das alterações propostas pelo SLP, ele auxiliou para a obtenção de novas propostas. A simulação computacional das melhorias propostas pelo SLP mostrou um aumento de 16,8% na capacidade produtiva. O presente trabalho concluiu que a utilização dos métodos de forma conjunta é válida e propõe a utilização deste em empresas de maiores porte e de outros ramos.

Palavras-chave: Padaria; Empresa Alimentícia; Arranjo Físico; Panificação.

ABSTRACT

With globalization, companies are increasingly suffering from competition. In order to achieve market prominence, it becomes necessary to look for economically viable ways, aiming at optimizing production and meeting customers needs. The present work aims to use a methodology that allows the verification and improvement, if necessary, of the productivity of a food company. Studies show that changing the layout of companies can reduce the time of production and movement of cargo, achieving better productivity and an increasingly lower cost. Thus, the present work proposed a unified methodology and carried out its application in a food company in the city of Campos dos Goytacazes, in the northern state of Rio de Janeiro. As methods were used SLP - Systematic Layout Planning - and the DES - Discrete Event Simulation. The results show that the simulation had a fundamental role, since, in addition to the changes proposed by the SLP, it helped to obtain new proposals. The computational simulation of the improvements proposed by the SLP showed a 16.8% increase in the productive capacity. The present work concluded that the use of the methods together is valid and proposes the use of this in larger companies and other branches.

Keywords: Bakery; Food Company; Physical arrangement; Baking.

1. INTRODUÇÃO

Abaixo, são apresentados os temas desta pesquisa, dando início ao estado da arte de tais assuntos.

1.1. Considerações iniciais

Com o atual avanço de número de entrantes nos diversos tipos de mercado mundial (globalização), produzir com eficiência, qualidade e um menor preço tornou-se o principal fator para tornar uma empresa sustentável. Para obter tais resultados, primeiramente deve-se encontrar o custo produtivo e as possíveis perdas de fabricação (Ojaghi *et al.*, 2015).

A necessidade da existência de pequenas e médias empresas (PMEs) vem aumentando gradativamente. Grandes empresas necessitam destas para abastecer a sua cadeia de suprimentos. As grandes empresas buscam no mercado de fornecedores de suas matérias-primas, empresas que possuam, além de qualidade e menor preço, o menor prazo de entrega e uma maior confiabilidade. Tais itens destacados anteriormente são fundamentais para a escolha do melhor fornecedor (Galaske *et al.*, 2015).

Vários fatores podem influenciar nos resultados da empresa em relação a sua produtividade. A qualidade das matérias-primas, o tipo e a complexidade do produto, a complexidade do processo de produção e a disposição dos recursos produtivos são alguns destes fatores que podem implicar na eficiência de uma empresa. Destes, alguns parâmetros são inalteráveis e determinados pelos produtos. Desta forma, a busca pelos parâmetros alteráveis é essencial para a busca pela melhoria da produtividade. O *layout* é um dos, se não, o parâmetro mais fundamental para a melhoria deste requisito (Carlo *et al.*, 2013).

Segundo Prajapat *et al.* (2016), as instalações das fábricas quando são bem projetadas possuem um fluxo de material muito mais eficiente, reduzindo o tempo de produção e o tempo de movimentação dos materiais. Desta forma, com tais *layouts* organizados, a empresa poderá alcançar os resultados necessários para a permanência no mercado.

Carlo *et al.* (2013) destacam que os custos com transporte e movimentações de materiais podem alcançar de 20 a 50% nos custos operacionais. As empresas

podem reduzir em até 30% tais custos, com um estudo e planejamento eficiente de suas instalações. Além da redução deste indicador, pode-se obter outros resultados satisfatórios para a melhoria da produção. São eles: redução do trabalho em processo; redução de tempos de processamento e; facilitação do controle de informações e fluxo de materiais (Carlo *et al.*, 2013).

As afirmativas do parágrafo anterior podem ser ratificadas no estudo de Singh e Yilma (2013). Os autores iniciam seu estudo afirmando que o *layout* das máquinas e equipamentos é fundamental para a eficácia da produção.

Para entender melhor qual é a função do *layout*, pode-se afirmar que, basicamente, se trata da disposição em que as máquinas e departamentos estão na planta de uma fábrica ou empresa a fim de buscar o menor tempo de produção e maximizar a capacidade produtiva da mesma. Como afirmação da importância do *layout* no ciclo de produção, nos Estados Unidos são gastos mais de 250 bilhões de dólares anualmente com estudos de planejamento de novos e de mudanças de *layout* já existentes (Singh e Yilma, 2013).

Na literatura atual, diversos trabalhos são realizados para buscar uma melhora em *layouts* de empresas já existentes. Para tais estudos, vários métodos podem, e são, utilizados. Os métodos que aparecem com grande frequência são: Planejamento Sistemático de *Layout*, do inglês: *Systematic Layout Planning* (SLP); e o de Simulação a Eventos Discretos, do inglês: *Discrete Events Simulation* (DES).

No atual estudo será proposta a utilização unificada destes métodos a fim de contribuir para a literatura com resultados positivos.

O método de estudo com o SLP prevê onze etapas. Pode-se subdividir estas etapas em quatro partes, que são: observação dos processos e coleta de dados; procura de possíveis melhorias no *layout* e; avaliação e escolha da melhor alternativa de *layout* (Carlo *et al.*, 2013). Este método pode ser aplicado a qualquer projeto de *layout* (Yujie e Fang, 2009).

A etapa de coleta de dados é importantíssima para a ótima realização do estudo. A atenção do analista durante a coleta dos dados PQRST é fundamental – P: Produto; Q: Qualidade; R: Roteamento; S: Suporte e; T: Tempo (Hosseini *et al.*, 2013).

A utilização do segundo método, também é vasta na literatura. Com este método, pode-se obter respostas para uma das perguntas mais feitas nos estudos de *layout*: “E se?” do inglês “What IF?”. Dessa forma, é possível simular uma

alteração em um sistema produtivo e verificar se os resultados obtidos são satisfatórios (Montevechi *et al.*, 2010).

O presente estudo propõe uma metodologia que une a Simulação computacional com o SLP onde os passos foram o seguinte:

- Mapeamento dos processos, os tempos de processamento e o *layout* da empresa;
- Utilização da simulação computacional para verificar o comportamento do *layout* atual da empresa;
- Aplicação dos passos do SLP para propor um *layout* que proporcione melhores resultados;
- Utilização da simulação computacional para verificar se houve melhorias e analisar se ainda há melhorias a serem feitas.

1.2. Objeto de Estudo

O presente estudo tem como objeto de pesquisa a área de produção da empresa de alimentos árabes Empório do Pão Árabe, localizada em Campos dos Goytacazes – RJ. O *layout* da empresa foi criado sem nenhum estudo prévio, segundo o próprio proprietário, e, dessa forma, há uma oportunidade de realizar a verificação da possibilidade de melhora do mesmo.

A empresa, de pequeno porte, tem como principal produto o pão árabe. O mesmo é produzido e vendido para diversos tipos de público: consumidor final, restaurantes e lanchonetes – este último o principal grupo de clientes.

1.3. Problemática da pesquisa

Em um dos diversos estudos existentes na literatura sobre estudos com *layout* e SLP, Naqvi *et al.* (2016), descrevem em suas considerações finais o quanto seria interessante se houvesse a possibilidade de aplicar a metodologia de DES a ponto de obter conclusões mais embasadas para o *layout* que o autor propôs em seus resultados.

Tendo em vista tal informação, o presente trabalho busca responder a seguinte pergunta:

A utilização conjunta das metodologias Simulação a Eventos Discretos (DES) e Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) pode ser válida para auxiliar no estudo do *layout* de uma pequena empresa do setor alimentício do norte do estado do Rio de Janeiro?

1.4. Objetivos

Abaixo, são descritos os objetivos geral e específicos.

1.4.1. Objetivo Geral

Averiguar se a utilização da simulação computacional auxilia o método SLP na obtenção do melhor *layout* para uma empresa de pequeno porte de alimentos árabe.

1.4.2. Objetivos específicos

- Contribuir para a Literatura com a utilização de dois métodos que não são utilizados com frequência em conjunto;
- Obter através da aplicação do SLP a melhor configuração possível para o *layout* da empresa;
- Verificar, com o auxílio da Simulação a Eventos Discretos, se o *layout* configurado pelo SLP obtém melhores resultados que o *layout* atual.

1.5. Justificativas

A utilização combinada das metodologias apontadas pode representar um ganho muito importante para os estudos relacionados a *layout*. As metodologias podem se complementar, caso sejam utilizadas de forma correta e com objetivos bem definidos. Desta forma, o estudo poderá contribuir de forma significativa com seus resultados.

Outro ponto relevante é a oportunidade de acesso facilitado a empresa. A mesma localiza-se no centro da Cidade de Campos dos Goytacazes não coloca restrições a acesso das informações. Como se trata de um estudo de *layout*, são

necessárias algumas incursões à empresa a fim de obtenção de dados referentes a produção.

1.6. Estrutura do Trabalho

Capítulo 1 – Introdução: São expostas a contextualização do tema abordado e sua importância. Apresenta também o problema de pesquisa, o objetivo geral e específico e as justificativas possíveis para utilização de esforços junto do estudo exibido.

Capítulo 2 – Sobre a empresa: Neste capítulo é feito um resumo sobre a empresa que é utilizada como foco do estudo.

Capítulo 3 – Revisão bibliográfica: Temas de relevância para o estudo são discutidos a fim de se aprofundar no conhecimento.

Capítulo 4 – Metodologia proposta: Neste tópico a metodologia do estudo é apresentada e um passo a passo é descrito.

Capítulo 5 – Aplicação da metodologia proposta: O capítulo relata como os resultados foram obtidos com a aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior.

Capítulo 6 – Resultados e discussões: Neste, os resultados são discutidos e é verificado se houve avanços significativos em relação ao *layout* proposto.

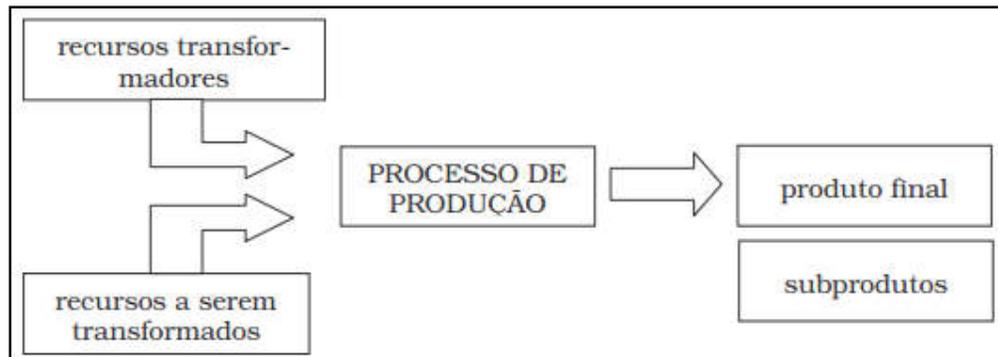
Capítulo 7 – Conclusões: São apresentadas as conclusões do presente estudo destacando sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Processo de Produção

O processo de produção de uma empresa, seja ela de serviços ou produtos, trata-se da transformação de recursos de entrada em produtos ou serviços no final do ciclo. Slack *et al.* (2013) definem este processo como Input (Entrada) – Transformação – Output (Saída). Na figura 1, é possível visualizar a esquematização de tal processo, denominado por Peinado e Graeml (2007) como “O modelo de transformação”.

Figura 1: Modelo de Transformação



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Ainda sobre a figura 1 e o modelo de transformação, a primeira parte antes do processo de produção (recursos transformadores e recursos a serem transformados), são denominados como Input ou Entradas (Peinado e Graeml, 2007; Slack *et al.*, 2013).

Recursos a serem transformados são aqueles que irão passar pelo processo produtivo e serão transformados em produto final ou em serviço realizado. Comumente são (Peinado e Graeml, 2007; Slack *et al.*, 2013):

- **Matérias-primas:** Podem ser transformadas fisicamente, alterando a sua composição, tamanho, forma, etc.
- **Informações:** Podem-se citar serviços de consultoria onde uma empresa vende informações de coleta de mercado ou até mesmo de pesquisas realizadas dentro da empresa;

- Clientes/consumidores: Serviços de hospedagem, transporte, hospitais, restaurantes, etc;

Recursos transformadores são os recursos que agem sobre os recursos a serem transformados, ou seja, fazem parte do processo de produção, porém não são transformados, apenas realizam a transformação. Podem ser considerados: toda a instalação englobando prédios, máquinas, equipamentos, entre outros; conhecimento e funcionários que operam e planejam todo o processo.

Já a saída dos processos de produção, são os produtos e subprodutos gerados ou os serviços prestados a um cliente, seja ele empresa ou consumidor final. O quadro 1 mostra uma tabela com exemplos de processos transformadores com suas respectivas entradas, processos de transformação e saídas

Quadro 1: Exemplos de processos de transformação

Operação	Entradas	Transformação	Saídas
Linhas aéreas	Aeronave, pilotos e comissários, equipe de terra, passageiros e cargas.	Movimentação de passageiros e cargas (transformação de localização).	Passageiros e cargas transportados.
Loja	Bens à venda, vendedores, caixas registradoras, consumidores.	Exibição de bens, orientação de vendedores, venda de bens (transformação da mudança de propriedade).	Bens ajustados à necessidade dos consumidores.
Dentista	Dentista, equipamentos, enfermeiras, pacientes.	Exame e tratamento dentário, orientação preventiva (transformação fisiológica do paciente).	Pacientes com dentes e gengivas saudáveis.
Zoológico	Funcionários, animais, jaulas, visitantes.	Exibição de animais, educação de visitantes; procriação de animais (transformação dos visitantes e animais).	Visitantes entretidos, visitantes informados, espécies não extintas.
Gráfica	Gráficos e <i>designers</i> , impressoras, papel, tinta etc.	Edição, impressão, encadernação (transformação das propriedades físicas).	Materiais impressos.
Porto de cargas	Navios e cargas, funcionários, equipamentos de movimentação.	Movimentação de cargas do navio para o porto e vice-versa (transformação da localização dos materiais).	Navios carregados ou descarregados.
Polícia	Policiais, sistema de computadores, informações, cidadãos e criminosos.	Prevenção de crimes, solução de crimes, prisão de criminosos (transformação psicológica dos criminosos).	Sociedade protegida, público com sentimento de segurança.
Contabilidade	Funcionários, informações, sistema de computador.	Escrituração de contas, relatórios gerenciais, orientação contábil (transformação de informações).	Contas e demonstrativos, certificados.

Fonte: Peinado e Graeml (2007)

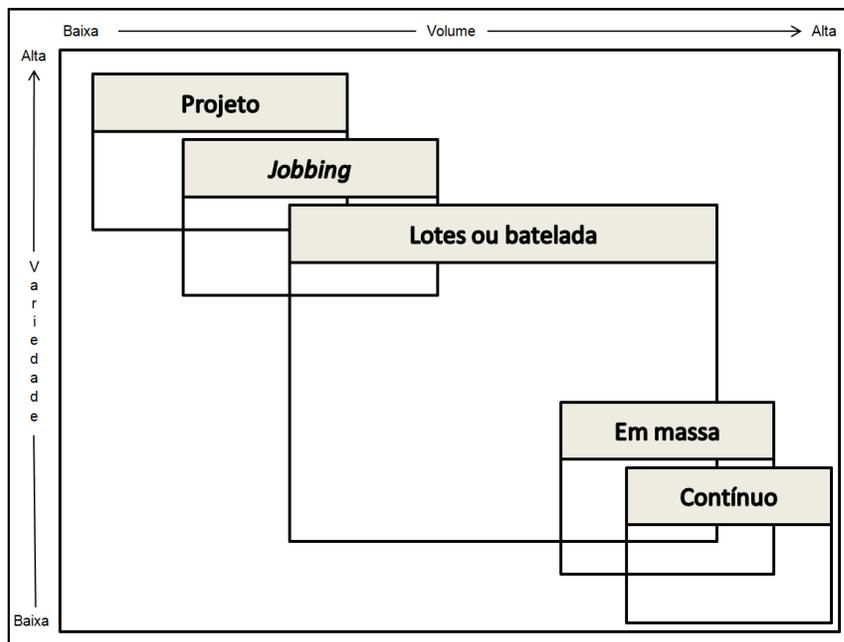
2.1.1. Tipos de processos de produção

Na indústria, a relação volume/variedade influencia no tipo de processo de produção que a indústria poderá adotar. Na literatura existem cinco tipos de processos de produção: Processos de projeto, de *jobbing*, em lotes ou batelada, de produção em massa e por último, processos contínuos (Slack *et al.*, 2009).

Além da relação volume/variedade, outros pontos podem influenciar na escolha do tipo de processo a ser utilizado. São eles: recurso dominante e o critério competitivo de vocação (tendência à eficiência ou a flexibilidade) (Corrêa e Corrêa, 2007).

Na figura 2, pode perceber o tipo de processo de produção de acordo com a relação volume/variedade de uma produção.

Figura 2: Processo de produção de acordo com a relação volume/variedade



Fonte: Slack *et al.* (2009)

2.1.1.1. Processo por Projeto

Nesse tipo de processo, pode-se notar na figura 2 que serve para produção em baixo volume e alta variedade. Tal tipo de processo é utilizado para produção de produtos discretos, mais customizados e que possuem um alto tempo de produção (Slack *et al.*, 2009).

Como exemplo pode-se citar vários tipos de produtos que são fabricados por esse tipo de processo. A construção de navios, prédios, perfuração de poços de petróleo, produção de filmes, etc. Tais produções costumam ter um processo mal definido, podendo ser alterado o rumo durante a execução das atividades (Slack *et al.*, 2009).

2.1.1.2. Processo de *Jobbing*

Segundo Corrêa e Corrêa (2007), este processo apresenta uma produção em pequenos lotes, com grandes variedades de produtos sendo que cada produto possui um roteiro de fabricação. Na figura 2 pode-se confirmar esta afirmação, o processo de *Jobbing* possui uma grande variedade e baixo volume de produção.

O ponto que difere o processo por projeto deste é que no primeiro os recursos são praticamente alocados para um produto apenas, já neste, os recursos são divididos entre os demais produtos durante a produção. Mesmo que tais produtos utilizem os mesmos recursos, no fim eles serão distintos, uma vez que cada um deles possui uma necessidade exata na produção (Slack *et al.*, 2009).

Slack *et al.* (2009) citam como exemplos de recursos que são utilizados em processos por *jobbing*: alfaiates, restauradores de móveis, gráficas, etc.

2.1.1.3. Processos em Lotes ou Bateladas

Neste processo, a indústria pode realizar a produção de poucos ou vários lotes com pequena ou grande variedade. Pode ser parecido com os processos em *Jobbing*, porém a grande diferença é a variedade, ou seja, como indicado pelo próprio nome, neste são produzidos lotes de um tipo de produto. Dessa forma, enquanto a produção estiver no mesmo lote, ela fará a mesma ação até que o lote seja produzido (Slack *et al.*, 2009).

Podem-se citar neste processo, a produção de ferramentas, máquinas, alguns alimentos congelados e grande parte das peças utilizadas para a produção de automóveis.

2.1.1.4. Processo de Produção em Massa

Corrêa e Corrêa (2007) destacam que este processo é caracterizado como processo em linha. Durante a produção, os bens vão passando de estação por estação em um tempo predeterminado. Geralmente estas estações possuem um arranjo sequencial, de acordo com a sequência de produção, desta forma o produto possui uma maior fluidez no decorrer do seu trajeto na produção.

Por mais que a fabricação de automóveis pudesse ser confundida com os processos em lote, a sua essência é a produção em massa. Destaca-se que mesmo que as variantes sejam distintas, cor, motor, tamanho, etc. elas não influenciam o processo básico de produção. Nestes processos de produção em massa, todas as suas atividades são repetitivas e previsíveis (Slack *et al.*, 2009).

2.1.1.5. Processo de Produção Contínua

Neste tipo de processo, os produtos dificilmente sofrem alguma variedade. Slack *et al.* (2009) destacam que dificilmente os produtos são separados no fim da produção. Este é o ponto que o diferencia do processo em massa. Dessa forma, as fábricas possuem uma linha de produção contínua, produzindo sem parar o mesmo produto, de acordo com a sua demanda. Como exemplo, temos refinarias de petróleo, instalações elétricas, siderúrgicas e algumas fábricas de papel.

2.2. Layout

O *layout* representa a forma com que os recursos produtivos – mão-de-obra, máquinas, produtos finalizados, equipamentos, ferramentas – estão organizados dentro da empresa (Naqvi *et al.*, 2016). No mundo globalizado de hoje, o planejamento efetivo é uma das peças chave para que a empresa permaneça competitiva, pois o mercado se apresenta de uma forma que as empresas têm que acompanhar as mudanças da demanda, seja pela quantidade ou pelo tipo do produto (Prajapat *et al.*, 2016).

A escolha do tipo de *layout* é fundamental para linhas de produção de baixo volume. A escolha pelo *layout* correto pode acarretar em uma alta produtividade e, também, um alto nível de flexibilidade – a alteração do tipo de produção está fortemente relacionada com a disposição das estações de trabalho (Carlo *et al.*, 2013).

Um planejamento de *layout*, antes de iniciar a instalação de uma empresa, pode significar uma redução de custos significativa. Tal planejamento está fortemente ligado aos resultados que podem ser obtidos após o início das operações (produção e prestação de serviços com qualidade e menor tempo e custo de operação utilizando um menor número de recursos possíveis) (Ojaghi *et al.*, 2015).

O desempenho da produção pode sofrer grande impacto pela reorganização da disposição das estações de trabalho. Carlo *et al.* (2013) afirmam que pode-se obter algumas vantagens indiretas: diminuição do material em processo, tempo de processamento e facilidade sobre o controle dos fluxos de informações e de materiais (Carlo *et al.*, 2013).

Pode-se afirmar que o estudo do *layout* tem como objetivo reduzir os custos com manuseio de materiais. O espaço existente e os limites da operação são dois fatores básicos de restrições na concepção ou alteração de um *layout* (Naqvi *et al.*, 2016).

No atual nível de concorrência em que se encontra o mercado, empresas que apresentam um produto ou serviço com qualidade, menor preço e menor tempo estão à frente em qualquer disputa por espaço no mercado. Para isso, é necessário reavaliar se o atual *layout* da empresa está adequado para fornecer tais atributos aos seus consumidores. Para obter o melhor *layout* possível, levando em consideração os recursos e as limitações encontradas, é necessária a utilização de uma ou mais técnicas que possam auxiliar e facilitar o estudo envolvendo o arranjo físico da empresa.

A criação e alteração após uma avaliação de *layout* são tarefas que possuem altos níveis de dificuldades. Podem-se citar duas razões para isto: (1) na fase inicial, a coleta de dados pode ser tornar extensa e; (2) a seleção da melhor disposição dos recursos produtivos.

Com isso, busca-se como resultados a melhor utilização do espaço, satisfação e segurança do empregado, menor movimento de material e flexibilidade (Naqvi *et al.*, 2016). Para Prejapat (2016), a alteração de um *layout* de produção tem grandes chances de ser caro e demorado.

Na literatura, existe o termo *Facility Layout Problem* – Problema de *Layout* da Instalação. Tal termo pode ser explicado como problemas encontrados na disposição de todas as necessidades em um processo de produção, ou seja,

emprega-se o termo para classificar um problema de layout em uma empresa (Carlo *et al.*, 2013).

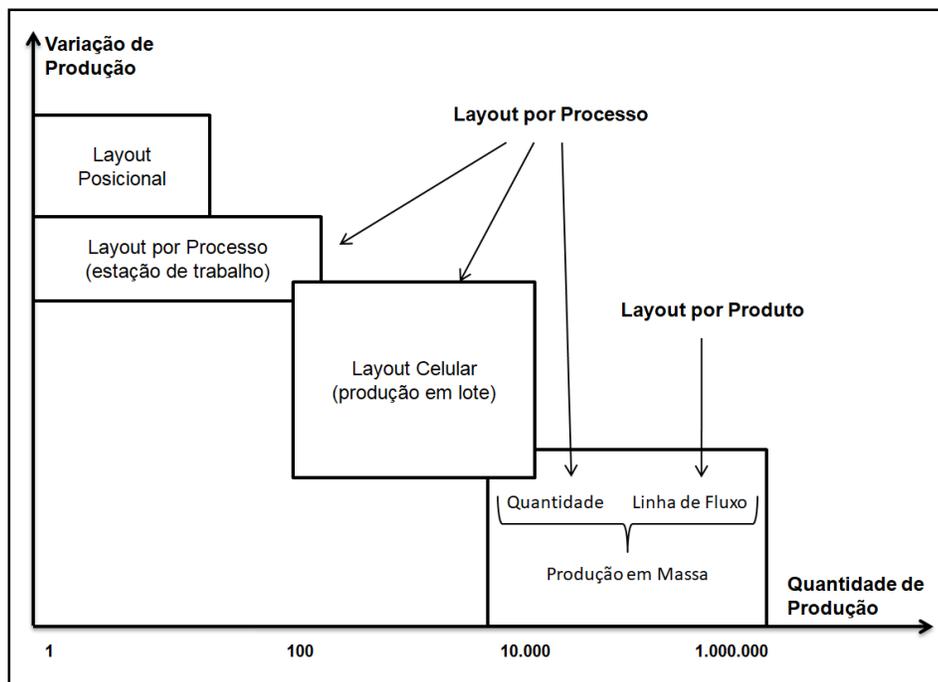
No ano de 1957, encontra-se um dos primeiros problemas industriais relacionado com a necessidade de minimizar os custos com transporte de materiais dentro de um processo produtivo (Carlo *et al.*, 2013).

2.3. Tipos de *Layout*

De acordo com Carlo *et al.* (2013) existem quatro tipos básicos de *layout*: Posicional, Funcional, Celular e por produto. A figura 3 aponta quando que um desses tipos de layout é indicado, tendo como variáveis a quantidade e a variedade de produção.

A relação apresentada na figura 3 é apenas o início para se desenvolver um *layout* que possa tornar uma produção eficiente. Torna-se necessária a utilização de uma das variadas técnicas disponíveis que poderá auxiliar, levando em consideração diversos fatores, o responsável pelo projeto na análise de qual a disposição dos recursos traria melhores resultados para a empresa (Carlo *et al.*, 2013).

Figura 3: Tipos de *layout* relacionados à variedade VS quantidade da produção



Fonte: Adaptado de Carlo *et al.* (2016)

2.3.1. *Layout* Posicional

De acordo com a figura 3, a utilização deste *layout* é mais indicada para a produção unitária ou de poucas unidades de um produto.

Slack *et al.* (2013) destacam que nesse *layout*, a movimentação é feita pelos recursos transformadores e não pelo produto a ser transformado. É geralmente escolhido quando se produz grandes produtos como aviões, navios e grandes máquinas (Carlo *et al.*, 2013). De alguma forma o produto não pode ser movimentado, seja por ser muito grande e pesado, por ser um produto fixo (construções) ou ainda algo que não seja conveniente a sua movimentação (uma operação em um hospital (Slack *et al.*, 2013). Na figura 4 pode-se ver a produção de um avião onde o mesmo fica posicionado recebendo os agentes transformadores durante a sua produção.

Figura 4: Exemplo de *layout* posicional – Fábrica da Embraer



Fonte: Adaptado de Carvalho (2014)

2.3.2. *Layout* Funcional

Na figura 3 este *layout* destaca-se na produção de poucas unidades de produtos e que tenham uma variedade alta. Diferencia-se do *layout* posicional por se tratar de produtos que podem se locomover entre as estações de trabalho.

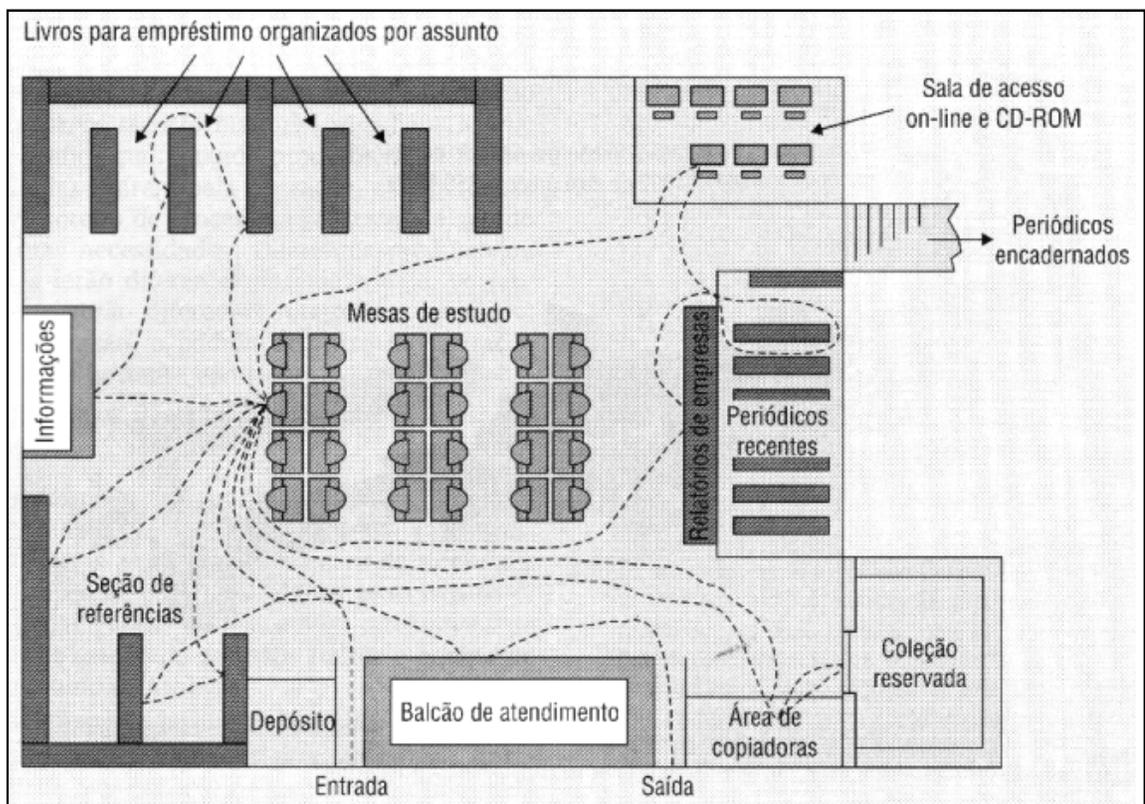
O *layout* funcional, que também é chamado de *layout* por processo, é utilizado quando se tem vários processos independentes onde os recursos transformados percorrem diante a sua necessidade as estações dos recursos transformadores. Neste *layout*, os produtos ou processos mais similares se localizam mais próximos um do outro, fazendo com que cada recurso a ser transformado percorra um caminho distinto de um similar (Slack *et al.*, 2013).

Carlo *et al.* (2013) destacam que cada área ou setor da produção é especializada em uma determinada tecnologia.

Por se tratar de um fluxo de produção incerto, os projetos para determinar a organização deste tipo de *layout* são bem complexos. Se cada produto pode percorrer um caminho distinto, pode-se perceber que quanto mais estações de trabalhos o local possuir, maiores serão as opções de arrumação neste *layout*. Como exemplo básico, Slack *et al.* (2013) apresentam como exemplo uma fábrica que possa ter 3 estações de trabalho, terá 6 tipos de arranjos possíveis, já com 5 estações, poderão ser utilizadas 120 posições diferentes.

Slack *et al.* (2013) destacam que para este tipo de *layout*, localizar a melhor opção se torna bem difícil. Os mesmos autores destacam que relacionamento entre estações de trabalhos e opção de organização do *layout* é fatorial. Para cada 10 centros de trabalho, há 10! ou seja, 3.628.800 opções de *layout*.

Na figura 5, pode-se visualizar um exemplo de *layout* funcional, a organização de uma biblioteca. Nota-se que existem vários locais, onde os pontos tracejados representam alguns possíveis caminhos que os usuários podem percorrer.

Figura 5: Exemplo de *layout* funcional

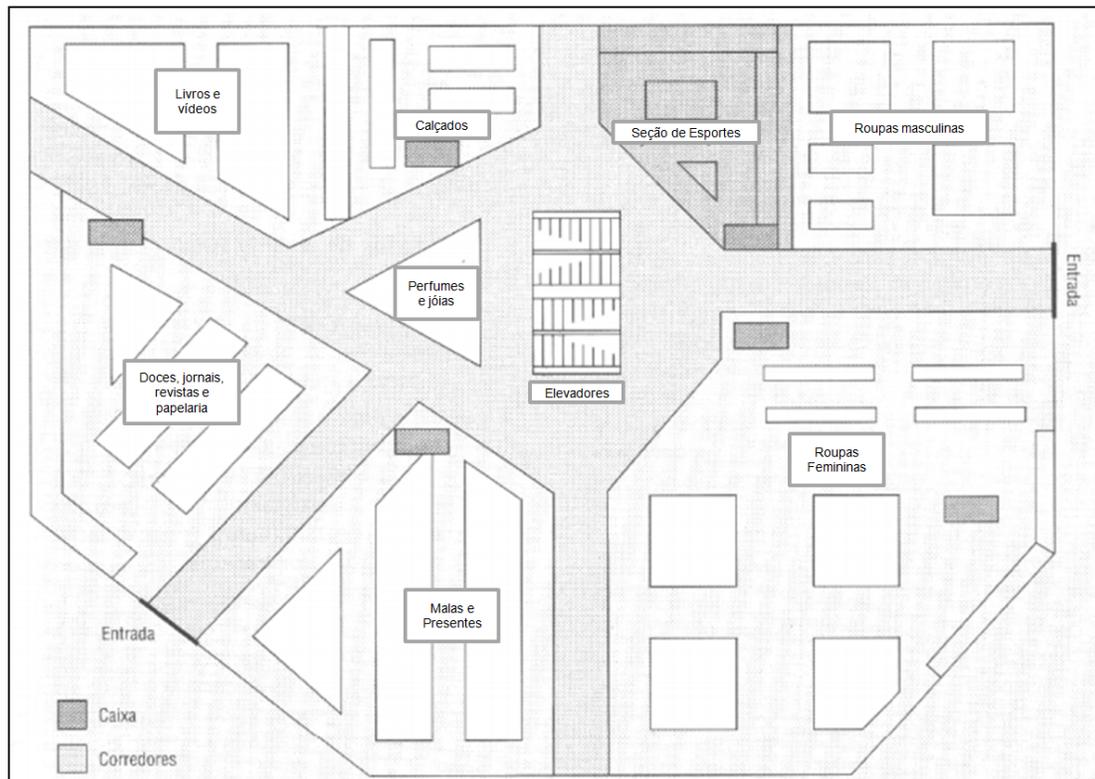
Fonte: Slack et al. (2013)

2.3.3. *Layout* Celular

Este *layout* é mais indicado para produção de produtos similares. É composto por células de trabalho onde, cada uma, é especializada em realizar um conjunto de funções (Carlo *et al.*, 2013). O *layout* celular, pode ser uma opção para solucionar o nível de complexidade do fluxo no *layout* funcional (Slack *et al.*, 2013).

De acordo com a figura 3 este *layout* é indicado para produção de níveis medianos de quantidade e variedade. Tal *layout* pode retornar com grandes resultados de flexibilidade, produtividade e um bom controle nos custos (Carlo *et al.*, 2013).

Na figura 6 nota-se uma loja de departamento que possui vários setores de produtos. Tal exemplo ilustra como uma produção pode ser realizada em células, cada célula representa produtos de uma mesma linha.

Figura 6: Exemplo de *layout* celular

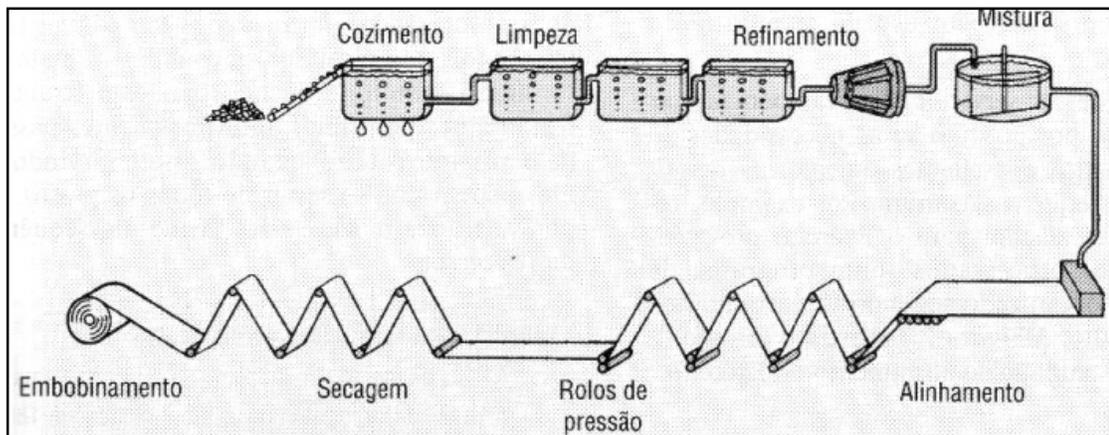
Fonte: Slack et al. (2013)

2.3.4. *Layout* por Produto ou Linear

Neste *layout*, é apontada pela figura 3, a produção de uma grande quantidade de produtos com pouca, ou nenhuma, variação de modelo. Como exemplos, têm-se as montadoras de automóveis e as redes de *fast food*. O *layout* por produto é organizado em uma sequência, linha, de estações de trabalhos que não possuem muita distância e que segue uma predisposição de acordo com o produto (Carlo *et al.*, 2013).

No *layout* por produto, os recursos transformados seguem um fluxo de transformação na linha de produção. Este *layout* é indicado para a produção em massa, onde vários produtos são produzidos diariamente (Slack *et al.*, 2013).

Na figura 7, pode ser visualizado um exemplo de *layout* em linha, a fabricação de papel.

Figura 7: Exemplo de *Layout* por produto – Produção de Papel

Fonte: Slack et al. (2013)

2.4. SLP – Planejamento Simplificado de *Layout*

O método SLP – *Systematic Layout Planning* (Planejamento Simplificado de *Layout*) – foi proposto pelo perito em criação de plantas Richard Muther em 1976 a fim de orientar em como devem ser posicionadas as máquinas, equipamentos, instalações e o pessoal da operação, desenvolvendo a melhor configuração de *layout* de acordo com as necessidades da empresa.

Um dos objetivos do SLP é analisar o fluxo de materiais e a proximidade das estações de trabalho (Hosseini *et al.*, 2013). Pode-se definir o SLP como uma abordagem processual que se destaca das demais e que é utilizado com grande frequência para planejamentos de *layout*. Na literatura atual encontram-se vários trabalhos que utilizam o SLP para planejamento de *layout* de hospitais e de empresas alimentícias (Naqvi *et al.*, 2016).

Naqvi *et al.* (2016) apontam como uma desvantagem do SLP, a pesquisa inicial dos estudos, destacando a necessidade de uma pesquisa completa dos fluxos, procedimentos e as atividades da empresa. Já Ojaghi *et al.* (2015) afirmam que trata-se de uma ferramenta muito poderosa porém de fácil utilização.

Conforme a figura 8, Yujie e Fang (2009) descrevem o passo a passo para a utilização da ferramenta estudada. Os mesmos autores destacam que na análise primária busca-se a formação de informações P, Q, R, S, T – Produto, Quantidade, Tecnologia, Suporte e Tempo de Produção. Após tais coletas, realizam-se as análises de logística e as relações entre as estações de trabalho, assim, forma-se

uma linha de relacionamento. Em seguida, busca-se determinar a localização das estações de trabalho no mapa com base nas relações analisadas no passo anterior. Desta forma, realizam-se as alterações de acordo com a área disponível e têm-se os cenários possíveis. Por fim, analisa-se o melhor cenário e, como resultado final, propõe-se o melhor cenário para a empresa (Yujie e Fang, 2009).

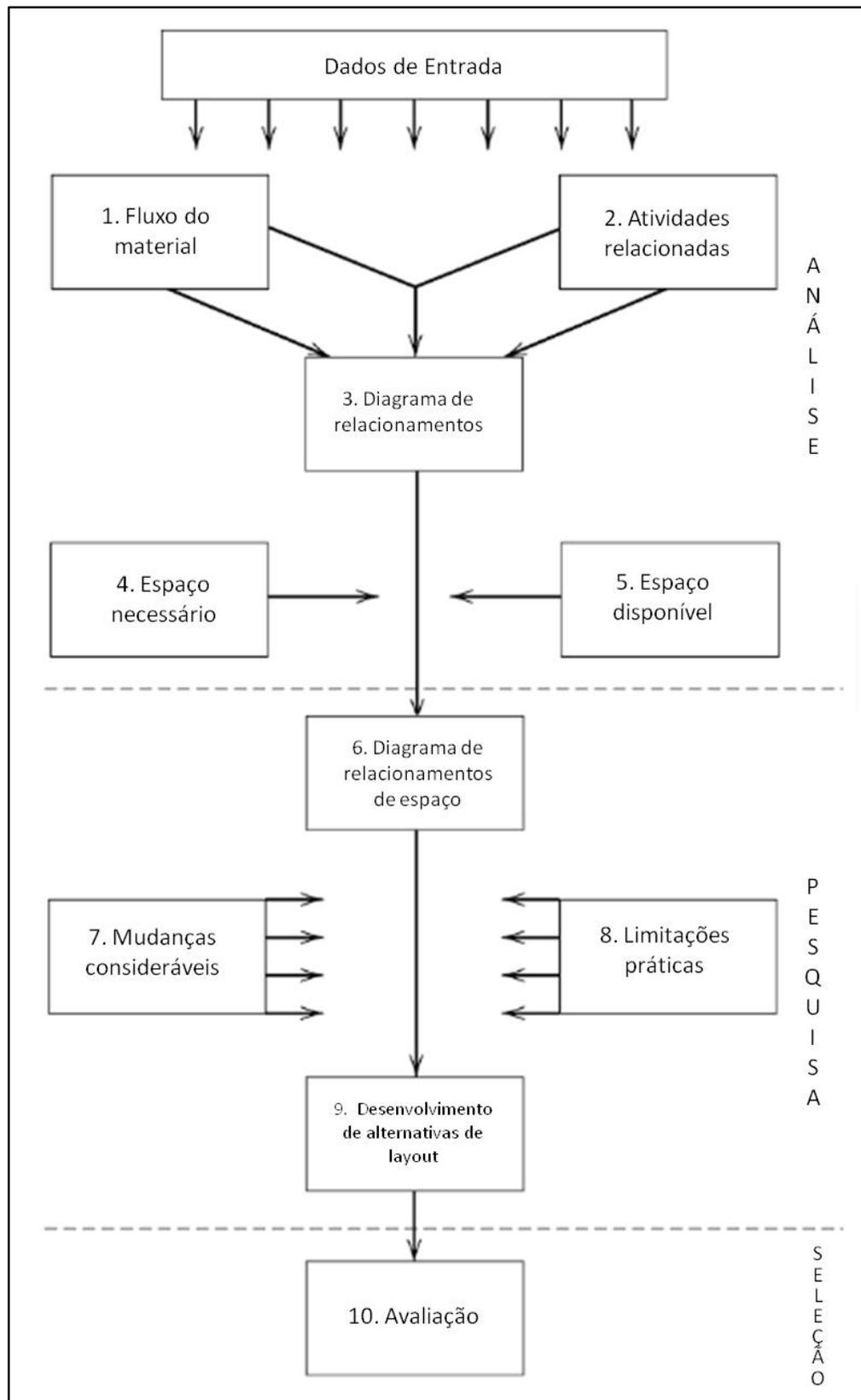
De acordo com Hosseini *et al.* (2013), o SLP é dividido em 11 etapas. Carlo *et al.* (2013) e Naqvi *et al.* (2016), destacam que essas 11 etapas são agrupadas em 3 etapas maiores: Análise de dados; Pesquisa das possíveis soluções e Avaliação e seleção do melhor *layout*.

Como primeiro passo, o SLP visa buscar informações dentro da empresa, ocorrendo antes de qualquer avanço no estudo. As informações que devem ser buscadas nesta etapa são: produto e material a ser processado; quantidade e o volume de cada subproduto a ser operado; os caminhos percorridos pelo material para ser transformado e; o tempo pra o processamento do material por completo (Naqvi *et al.*, 2016; Singh e Yilma, 2013).

Para avançar no estudo, deve-se, segundo Singh e Yilma (2013), verificar o fluxo que o material percorre entre as estações de trabalho a fim de avaliar se tais estações estão instaladas de forma correta ou se estão acarretando em um grande deslocamento e filas de material, elevando o tempo de produção da empresa.

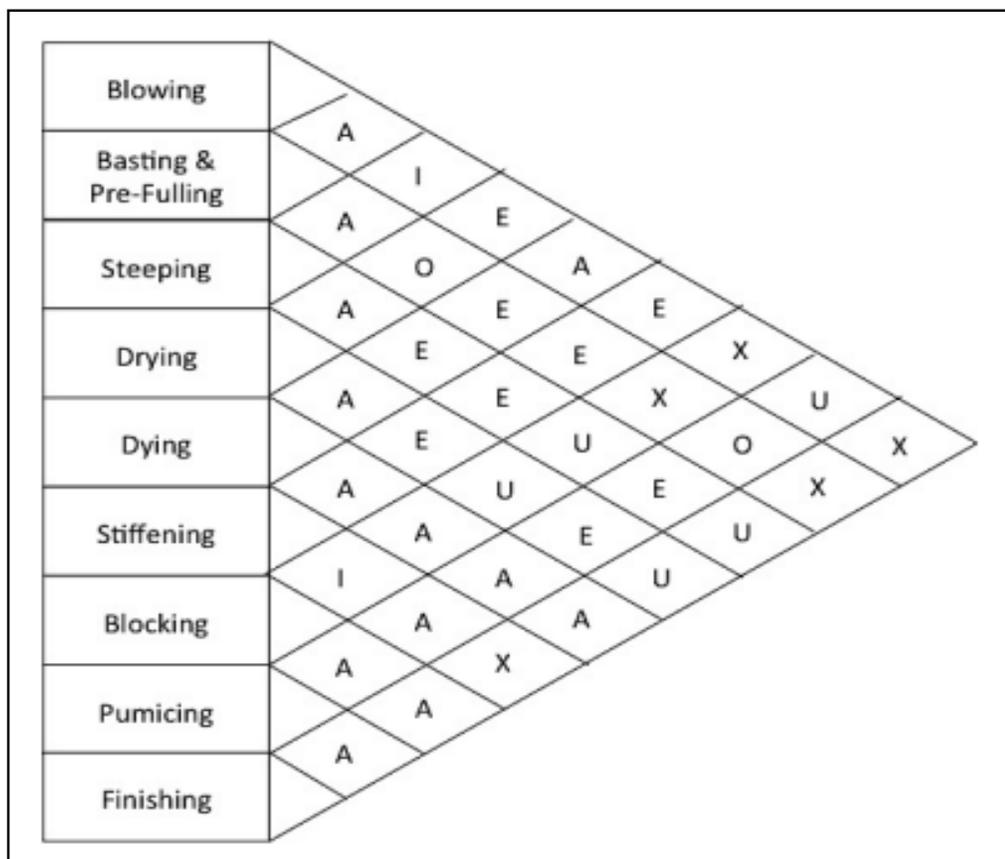
Após os dados iniciais coletados, pode-se avançar para a construção do gráfico de grau de relacionamento, ou “diagrama *buff*”. Nesta etapa, classifica-se o grau de relacionamento entre todas as estações de trabalho, levando em consideração o fluxo de materiais, importância de proximidade e as razões correspondentes. Utiliza-se a classificação com as letras: A – Absolutamente necessária; E – Especialmente importante; I – Importante; O – Normal; U – Sem importância e; X – Indesejável (Carlo *et al.*, 2013; Singh e Yilma, 2013). A figura 9 representa tal procedimento.

Figura 8: Sequenciamento gráfico do método SLP



Fonte: Adaptado de Tompkins (2010)

Figura 9: Gráfico de Relacionamento

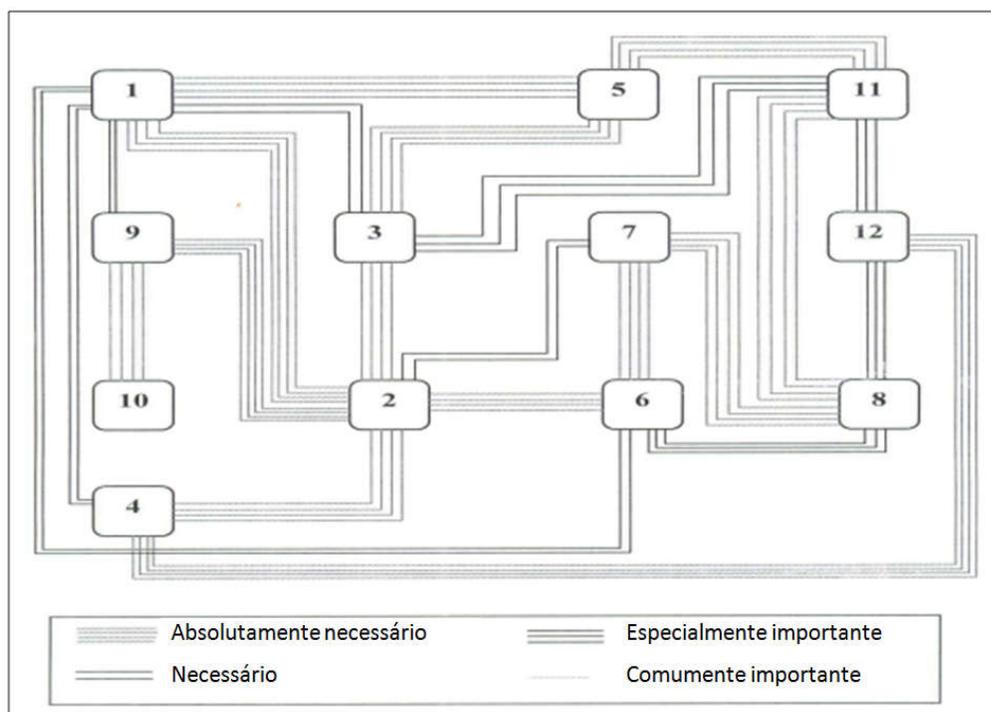


Fonte: Carlo et al. (2013)

Após o desenvolvimento do gráfico de relacionamento, pode-se partir para a próxima etapa, a criação do diagrama de relacionamento. Neste diagrama, posicionam-se as estações de trabalhos/funções/processos de acordo com o seu nível de iteratividade e são ligadas por linhas que determinam o nível de relacionamento e a necessidade de proximidade entre elas. A quantidade de linhas paralelas ligando uma a outra, determina estes fatores: Quatro linhas juntam operações classe A, três para a classe E, duas para a I e uma para a U. Tal diagrama pode ser um passo fundamental para a criação de alternativas de *layout* de acordo com o melhor fluxo de trabalho apresentado, não levando em consideração a parte econômica do processo (Carlo *et al.*, 2013; Singh e Yilma, 2013).

Singh e Yilma (2013) destacam que nessa fase pode-se verificar uma alternativa de *layout*, porém sem levar em consideração o espaço disponível da empresa. O diagrama de relacionamento pode ser visualizado na figura 10.

Figura 10: Diagrama de relacionamento



Fonte: Adaptado de Singh e Yilma (2013)

Dando continuidade a metodologia proposta por Muther (1976), pode-se avançar para a etapa numerada como 5, análise do espaço necessário (Naqvi *et al.*, 2016; Singh e Yilma, 2013).

Nesta etapa é feita a verificação para descobrir qual a necessidade de espaço dos cenários iniciais. É feita uma medição de cada estação de trabalho levando em consideração a área da máquina, se houver, do recurso utilizado, seja ele um ou mais operadores e o espaço livre em torno necessário. No trabalho de Naqvi *et al.* (2016) tais recursos são apresentados como departamentos, dessa forma verifica-se a necessidade da área de cada departamento. Singh e Yilma (2013) destacam a necessidade de acrescentar 50% de espaço para cada departamento, desta forma evita-se acidentes entre os operadores durante a movimentação dos materiais e possíveis descansos dos operadores. Na tabela 1 pode-se verificar como foi feito o cálculo do espaço necessário para o trabalho de Singh e Yilma (2013).

Tabela 1: Determinação da área necessária para o *layout*

Code	Workstations/Machines	Length × Width (m)	Total sq. meters
M1	Slitter machine	1.2 × 2	2.4
M2	Slitter machine	1.2 × 2	2.4
M3	Ø115mm bottom press machine	1 × 1.8	1.8
M4	Ø176mm bottom press machine	1 × 2	2
M5	Ø90mm cover press	1.2 × 0.8	0.96
M6	Plastic liner (no work)	1.2 × 0.8	0.96
M7	Plastic liner	2 × 4.8	9.6
M8	Ear press	1.3 × 1.2	1.56
M9	Ø115mm ring press (no work)	1.5 × 1.2	1.8
M10	Ear and wire assemble	0.8 × 0.7	0.56
M11	Wire bending machine	0.8 × 1.4	1.12
M12	Washer press	1.5 × 1	1.5
M13	Ø115mm cover press (no work)	1.5 × 1	1.5
M14	Ø115mm ring press	1.5 × 1	1.5
M15	Ø176mm ring press (for final shape)	1.5 × 1	1.5
M16	Ø176mm ring press (only blank shape)	2.3 × 2	4.6
M17	Ø176mm cover press (no work)	1.5 × 1	1.5
M18	Rolling	0.4 × 1	0.4
M19	Resistance (seam) welding	1.5 × 4	6
M20	Resistance (seam) welding	1.5 × 4	6
M21	Ø176mm body flanging machine	1.3 × 1.5	1.95
M22	Ø176mm bottom sealing	1.3 × 1	1.3
M23	Ø176mm ring sealing	1.3 × 1	1.3
M24	Spot welding	1.3 × 1.4	1.82
M25	Ø90mm body flanging machine	0.8 × 1.2	0.96
M26	Ø90mm bottom and ring sealing	0.7 × 1	0.7
M27	Ø115mm body flanging machine	2.5 × 7	17.5
M28	Ø115mm bottom sealing	0.6 × 1	0.6
M29	Ø115mm ring sealing	0.6 × 1	0.6
M30	Ø115mm cover press	0.8 × 1.8	1.44
M31	Ø176mm cover press	2.1 × 2.1	4.41
M32	Ø90mm cover curling machine	0.7 × 0.7	0.49
M33	Ø115mm cover curling machine	0.7 × 0.7	0.49
M34	Ø176mm cover curling machine	1.2 × 0.7	0.84
Total			84.06
150%			126.09

Fonte: Adaptado de Singh e Yilma (2013)

Nesta sexta etapa é feita uma averiguação para descobrir se o espaço disponível confortará o espaço desejado que foi calculado na etapa anterior. Desta forma, realiza-se a conversão do gráfico de relacionamento em possíveis cenários e analisa-os a fim de verificar se o espaço pode receber as opções de *layout*. Após esta avaliação, têm-se os cenários possíveis mais adequados para a operação (Naqvi *et al.*, 2016; Singh e Yilma, 2013).

Com os cenários possíveis em mãos, analisa-se o espaço disponível a fim de avaliar qual *layout* será mais bem implantado no chão da empresa. Nesta etapa, o avaliador pode optar por qual critério deseja aplicar.

Com os critérios definidos, avalia-se a possibilidade de aplicação de um dos *layouts* opcionais que foram gerados no decorrer do estudo. No trabalho de Singh e Yilma (2013) verificou-se que no espaço disponível do chão de fábrica era impossível realizar a alteração para o *layout* proposto.

Avançando nas etapas, verificam-se as limitações práticas no nono passo, ou seja, é feita a verificação para saber se a limitação seria impeditiva e se há como contornar tal situação. Voltando ao trabalho de Singh e Yilma (2013), a limitação foi crucial e verificou-se a necessidade de reconstruir parte do edifício principal para se poder inserir um melhor *layout* das estações de trabalho.

Na décima etapa, são criadas alternativas de *layouts* possíveis para a fábrica para ser feita a avaliação final quanto às alternativas mostradas.

Por último, avaliam-se as alternativas levando em consideração alguns índices cruciais para justificar a alteração de *layout*. Pode-se levar em consideração a distância total de deslocamento, tempo total de deslocamento e o custo para este deslocamento (Singh e Yilma, 2013).

Após estas onze etapas, pode-se por fim propor um *layout* que possa retornar bons índices de produtividade e de custo para empresa. Nesta última etapa de avaliação do *layout* proposto Naqvi *et al.* (2016) destacam que a utilização de softwares de simulação podem trazer números mais precisos e realmente verificar se o *layout* proposto pela metodologia de Muther (1976) é eficiente ou não.

2.4.1. Aplicações do SLP no setor alimentício

O método SLP foi utilizado por Flessas *et al.* (2015) em uma cozinha de um restaurante no sul do Brasil. Como objetivos, o trabalho buscava melhorar o fluxo de

produção, novas alternativas de *layout* e uma distribuição de processos. Tal cozinha possui 22,55 m². Os resultados apresentados foram a proposta de três alternativas de *layout* sendo a última a melhor opção de acordo com a utilização de decisão multi-critério.

Ojaghi (2015) também utilizou o método SLP em seu estudo a fim de desenvolver um novo *layout* para uma empresa de processamento de carnes. O estudo busca aumentar a capacidade produtiva da empresa. O SLP foi utilizado em conjunto com outros métodos: Teoria Baseada em Gráfico (GBT) e Taxa de eficiência. Tais métodos auxiliaram na escolha de um *layout* entre 6 que foram confeccionados. Porém tal estudo não possui em suas conclusões resultados quanto a operação deste *layout* escolhido. Logo, o *layout* foi escolhido levando em consideração o fluxo de materiais e a importância de proximidade entre os departamentos.

2.5. Simulação

O método de simulação computacional é muito utilizado na indústria para investigar o funcionamento de um sistema que possua uma ou mais entidades (produtos, clientes, máquinas, etc) e as possíveis alterações dos mesmos, seja de localização, quantidade disponível, aumento de produção, entre outros. Pode-se encontrar o termo “bola de cristal” na literatura, referindo-se a possibilidade de visualizar os resultados nas modificações mencionadas acima (O’Kane *et al.*, 2007).

A simulação vem sendo utilizada desde a sua criação em vários setores, sendo a segunda técnica mais utilizada para o auxílio na gestão de operações. Dentre os setores que utilizam a simulação para auxílio em suas operações, tem-se como exemplo, o setor de serviços, manufatura, saúde, serviços públicos e de defesa (Jahangirian *et al.*, 2010).

Em seu trabalho de revisão de literatura, Jahangirian *et al.* (2010) descrevem como um dos resultados que, de todos os artigos científicos sobre a técnica de Simulação que foram localizados na base Scopus, 92% são de aplicação da mesma para auxílio de resolução de problemas e apenas 8% tratam-se de estudos referentes a questões teóricas.

Carson (2005) elenca sete motivos de quando deve-se utilizar a simulação, dentre eles, pode-se destacar alguns pertinentes ao estudo:

- Um novo *layout* está sendo desenvolvido a fim de realizar grandes mudanças no anterior, ou surge uma nova demanda diferente ou ainda utilização de novas regras de produção;
- Deseja-se efetuar um grande investimento no sistema produtivo, seja ele novo ou existente, representando uma modificação para um sistema que o gestor não possua grandes experiências, gerando um risco considerável;
- A simulação com animação torna-se um excelente método didático para toda a empresa. Com este método, todas as camadas da empresa tenderão ao maior entendimento daquilo que é proposto.

Montevechi *et al.* (2007) destacam que a simulação tornou-se uma das ferramentas com maior utilização em sistemas produtivos, aparecendo com utilização maior nesta área. Segundo o mesmo autor, existem algumas razões para esta afirmação, podendo destacar que a utilização da simulação nas fábricas se torna maior quando a automação passa a fazer parte da produção em busca de uma maior qualidade e produtividade na mesma, tornando o processo mais complexo e, dessa forma, a necessidade de um método para a análise. Outro motivo importante destacado, é que os custos de aquisição de novos equipamentos e alterações na instalação são enormes, sendo necessária uma análise prévia de como tal modificação poderá afetar o sistema.

Segundo Galaske *et al.* (2015) a simulação é uma importante ferramenta para as fabricas de todos os tipos. O mesmo autor destaca que com a evolução da busca por produtos cada vez mais competitivos no mercado, a utilização da simulação na busca pelo melhor fluxo de materiais tem aumentado cada vez mais. Tais ferramentas estão disponíveis em grande escala para as grandes empresas, com processos cada vez mais automatizados. Porém para as pequenas e médias empresas, que possuem alguns processos manuais, as ferramentas de simulação não aparecem com tanta variedade. A necessidade destas empresas pela busca de softwares que possam auxiliar em sua produção com altos níveis de processos manuais e sequenciais tem aumentado cada vez mais (Galaske *et al.*, 2015).

O'Kane *et al.* (2007) destacam que a simulação computacional é referenciada por alguns autores como um dos principais métodos para auxílio da reengenharia visando a melhora do desempenho nas empresas. O mesmo autor cita

que outros autores destacam o alto potencial da simulação para a busca pela melhora dos sistemas de gestão da qualidade.

Um estudo apresentado por Hollocks em 1992 aponta um relatório confirmando que a simulação computacional pode garantir o melhor *layout* para as instalações das fábricas. Porém, no mesmo relatório, foi constatado que os administradores das empresas desconheciam tais benefícios, classificando a conscientização sobre a simulação como baixa (Greasley, 2004).

Levando em consideração as pequenas e médias empresas, ambas em grande maioria, não tem poder aquisitivo para alocar pessoal e/ou investir em sistemas a fim de realizar uma alteração em sua estrutura por necessidade de alteração referente a aumento de produção, flexibilização, conhecimento de fluxo de trabalho, entre outros motivos (Haraszko e Németh, 2015). Os responsáveis pela produção de tais empresas, geralmente, têm conhecimento apenas dos tempos de produção, porém não obtém o conhecimento do tempo total utilizado na produção, sendo uma boa lacuna para a inserção da metodologia discutida (Galaske *et al.*, 2015).

Prajapat (2016) afirma que a utilização da simulação em indústrias vem crescendo pelo fato de que a utilização de modelos matemáticos tem se tornado cada vez mais complexos, dando origem à necessidade da utilização dos métodos de Simulação (Prajapat *et al.*, 2016).

Se tratando de abordagem na área de simulação computacional, podem-se encontrar duas das mais utilizadas: contínua e a discreta. A primeira está relacionada a modelos descritos por equações diferenciais que descrevem a transformação de variáveis ao longo do tempo. Já a segunda é utilizada quando se trata de mudanças não contínuas das variáveis ao longo do tempo.

Para o presente estudo, o próximo tópico discute mais a fundo a simulação a eventos discretos.

2.5.1. *Discrete Event Simulation* (DES) – Simulação a Eventos Discretos

A Simulação a Eventos Discretos, segundo Jahangirian *et al.* (2010), é a técnica com maior percentual de utilização em negócios e na indústria. Tal afirmação se dá, pois em seu estudo, o autor aponta que a DES foi utilizada em mais de 40%

de todos os artigos analisados por ele. A técnica mostra-se bastante útil para tomada de decisão tanto nos níveis táticos quanto no operacional, pois possui uma vasta linha de aplicações: PCP e controle de inventários, gerenciamento de projetos, engenharia de processo e gerenciamento de estoques, entre outros (Jahangirian *et al.*, 2010).

A DES é utilizada para avaliar um sistema real no mundo computacional a fim de visualizar o seu comportamento de acordo com as definições desejadas. Nessa técnica, o operador pode observar as falhas e propor melhorias no *layout* de um sistema (Chraibi *et al.*, 2016). Tal método permite varias alterações no sistema e a verificação se houveram ou não as melhorias desejadas sem que haja nenhum risco financeiro ou físico envolvido, caso a mesma alteração fosse feita no sistema real poderia trazer consigo estes prejuízos (Montevechi *et al.*, 2007).

Atualmente, no mercado, a maior parte de simuladores computacionais para a manufatura são orientados a eventos discretos. Tais sistemas, segundo Haraszko e Németh (2015), são classificados em duas categorias: (1) Projeto do Sistema de Fabricação onde a simulação é basicamente utilizada para decisões em longo prazo. (2) Operação do Sistema de Fabricação onde a simulação está voltada para o controle da produção, operações da fábrica, controle em tempo real e análise de desempenho (Haraszko e Németh, 2015).

2.5.2. ARENA

De acordo com Chraibi *et al.* (2016) o ARENA é um *software* de simulação e automação de eventos discretos da Rockwell Automation baseada na linguagem de modelagem SIMAN. A ferramenta possui um design orientado a objetos e a uma capacidade de ser adaptado a qualquer área de aplicação (Hecker *et al.*, 2010).

Amit *et al.* (2012) destacam que o ARENA possui algumas facilidades relevantes em relação aos outros softwares do mercado. Vários simuladores utilizam códigos que necessitam de programações em linguagens de script e outros ficam muito presos a animações dos processos simulados. O ARENA destaca-se por utilizar modelos de entidade que seguem um fluxograma predeterminado de como estes são processados.

Tal abordagem, visando estudos de engenharia, é bem mais utilizada, pois os analistas que realizam os estudos possuem maior capacidade para construir e

entender os fluxogramas dos processos, documentando-os, modelando-os e analisando os seus resultados com maior facilidade. Com todas essas variáveis a favor, a metodologia de fluxos do Arena o torna mais fácil de aprender, validar, verificar e depurar tornando-o um desenvolvimento de modelo mais rápido (Amit *et al.*, 2012).

2.5.3. Aplicação da simulação a eventos discretos em empresas alimentícias

O primeiro trabalho abordado foi aplicado em um *fast-food*. Kharwat (1991) aplicou a simulação para buscar melhorias operacionais em um *Pizza Hut*. De acordo com o autor, a simulação computacional é importante nas realizações de estudos que visam à busca pela melhoria de seu *layout* e de suas operações, seja de produção como de atendimento. Para o trabalho foi utilizada a linguagem SIMAN com animações CINEMA. Este modelo permitiu o autor a realizar simulações da empresa em módulos (Módulo de entrada e atendimento de clientes; finalização do atendimento e saída; entrega; cozinha e; forno) (Kharwat, 1991).

O trabalho citado modelou seis *layouts* para avaliar a produtividade e possíveis alterações na produção: Sala de jantar; *Canyout Counter* (não foi localizada tradução); Área de expedição de remessa; *Delco Layout* (não foi localizada tradução); Disposição 2-D do forno e; Perspectiva 3-D da cozinha. De acordo com o autor, os resultados obtidos na simulação estão bem próximos aos resultados reais da empresa.

Outro trabalho que utilizou a simulação computacional foi o de Comba *et al.* (2012). O objetivo deste estudo foi avaliar as plantas de dois fluxos de embalagem. O estudo apontou para a alteração do processo, onde em um determinado momento, um robô pode ficar ocioso e, dessa forma, realizar um outro processo que era utilizado em outra determinada fase, dando uma melhor produtividade à linha produtiva.

Hecker *et al.* (2010) realizaram a simulação computacional a fim de reescalonar todo o plano da linha de produção a fim de proporcionar uma melhor utilização de alguns equipamentos e reduzir e até mesmo eliminar os tempos ociosos destes, tendo como retorno uma economia de energia significativa para a padaria. Com tais alterações, a simulação obteve bons resultados: trabalhadores de

algumas áreas têm uma economia de 13% e de outras 19% em seus salários; e gerou uma redução de 20 minutos no fim do expediente para a última tarefa.

A utilização dos dois métodos foi identificada no trabalho realizado por Amit *et al.* (2012). Este estudo foi realizado em uma pequena empresa alimentícia que sofria com problemas de produção em épocas festivas. O método utilizado foi a aplicação do SLP a fim de criar as alternativas e a utilização da Simulação para comparar a alternativa definida com o *layout* atual. A metodologia em si não foi muito bem descrita, porém pode-se verificar que a alternativa proposta teve um desempenho melhor que o *layout* atual. As tabelas 1 e 2 mostram os ganhos que a empresa poderá obter com as alterações propostas definidas no SLP e avaliadas por simulação computacional. Na tabela 2, pode-se observar que o deslocamento pode ser reduzido em até 5,3 metros em média, já a tabela 3 mostra que foi proposta a substituição de dois processos (resfriamento e filtragem de chips quebrados) por apenas um (remoção de óleo), obtendo um ganho médio de \$ 3.057,60.

Tabela 2: Comparação do espaço percorrido na cozinha com o *layout* atual x proposto

Processo	Distancia (metros)	
	Atual	Proposto
Descasca	5,8	3,5
Corte (Corte)	2,5	5
Enxaguamento e Filtragem	1,3	2,7
Ferventar	6,2	2,7
Resfriamento	2,1	-
Filtragem de chips quebrados	2,5	-
Remoção de Óleo	-	2,7
Embalagem e Rotulagem	4,2	2,7
Todos os elementos	24,6	19,3

Adaptado de (Amit et al., 2012)

Tabela 3: Comparação do custo total entre o *layout* atual e o proposto

Processos	Número de Trabalhadores		Taxa Salarial		Número de horas trabalhadas		Número de Trabalhos (dia)		Custo Total dos Trabalhadores	
	Atual	Proposto	Atual	Proposto	Atual	Proposto	Atual	Proposto	Atual	Proposto
Descasca	10,0	7,0	2,3	2,3	8,0	8,0	26,0	26,0	\$ 4.784,00	\$ 3.348,80
Corte (Corte)	2,0	2,0	2,3	2,3	8,0	8,0	26,0	26,0	\$ 956,80	\$ 956,80
Enxaguamento e Filtragem	1,0	1,0	2,3	2,3	8,0	8,0	26,0	26,0	\$ 478,40	\$ 478,40
Ferventar	3,0	1,0	3,9	3,9	8,0	8,0	26,0	26,0	\$ 2.433,60	\$ 811,20
Resfriamento	1,0		2,3		8,0		26,0		\$ 478,40	
Filtragem de chips quebrados	1,0		2,3		8,0		26,0		\$ 478,40	
Remoção de Óleo		2,0		2,3		8,0		26,0		\$ 956,80
Embalagem e Rotulagem	3,0	3,0	3,9	2,3	8,0	8,0	26,0	26,0	\$ 1.435,20	\$ 1.435,20
Custo Total									\$ 11.044,80	\$ 7.987,20

Adaptado de Amit *et al.* (2012)

3. METODOLOGIA PROPOSTA

Após a conclusão da etapa de revisão bibliográfica, foi possível verificar que os métodos discutidos, SLP e Simulação a eventos discretos, são muito utilizados para resolver problemas de *layout* e *re-layout* em diversos segmentos.

Em seu estudo, Naqvi *et al* (2016) utilizam o SLP para determinar uma melhor organização no *layout* de uma fábrica de interruptores. Ao fim do trabalho, os autores destacam que seria interessante a utilização de ferramentas de simulação para observar e comparar o antes e o depois do *layout* na fábrica.

Tendo em vista tal afirmação, o presente estudo apresenta uma metodologia que engloba em seus passos a utilização do SLP com o auxílio da Simulação computacional.

3.1. Mapeamento das informações pertinentes ao estudo

Nesta etapa foram realizadas várias visitas a empresa para verificar as informações que são necessárias para a execução das etapas posteriores. Esta etapa foi executada não só no início do estudo. Durante o avanço do método, são necessárias algumas confirmações e algumas informações adicionais, as quais somente o empresário e os funcionários podem fornecer.

3.2. Simulação computacional – analisar o atual *layout*

Com as informações adquiridas nas visitas a empresa, foi possível criar o modelo computacional do sistema de acordo com a metodologia proposta por Leal *et al.* (2008). Após o modelo conceitual, foi realizada a simulação através do software Arena 16, versão de estudante. Nesta etapa, são utilizadas informações como: Processos existentes; Quantidade produzida; Fluxo de processamento; Número de funcionários; Tempos e distâncias dos processamentos; Recursos em cada processo; entre outros. Esta etapa é proposta anteriormente ao SLP com o objetivo de verificar possíveis variáveis que possam auxiliar na próxima etapa.

3.3. Planejamento Sistemático de *Layout* – SLP

Para a execução do SLP, o presente trabalho utiliza a metodologia apresentada no trabalho de Tompkins (2010), descrita na figura 8. De acordo com a metodologia apresentada, os passos do SLP para o presente trabalho são descritos abaixo:

- O primeiro passo proposto é a criação de uma tabela para mencionar o deslocamento entre os processos;
- Com os dados a serem obtidos na primeira etapa do trabalho (Mapeamento das informações pertinentes ao estudo), será possível a criação do gráfico e do diagrama de relacionamento;
- Após o passo anterior, é possível almejar o desenho de um *layout* básico, descobrindo qual seria o tipo de *layout* necessário para a empresa;
- Um dos pontos importantes do estudo é a averiguação da área necessária para a criação do *layout*, levando em consideração as informações obtidas nos primeiros contatos com a empresa;
- Por último, é obtido o *layout* a ser proposto. Com este, é possível determinar e criar uma nova tabela contendo os deslocamentos entre cada processo.

3.4. Simulação computacional – avaliação do *layout* proposto:

Nesta etapa, novamente foi utilizada a simulação computacional através do *software* Arena 16. Conforme já apresentado no início deste capítulo, a utilização da simulação computacional pode colaborar de forma fundamental para os resultados do presente estudo.

O modelo conceitual criado na segunda etapa deste trabalho foi reaproveitado e apenas os tempos de deslocamentos e produção foram alterados. Dando sequência ao estudo, o *layout* proposto através do SLP foi simulado e seus resultados comparados com os resultados da simulação executada para o *layout* atual da empresa.

Nesta etapa foram feitas algumas modificações para tentar aumentar ainda mais a produtividade da empresa. Os resultados serão discutidos no capítulo “RESULTADOS”.

4. SOBRE A EMPRESA

A empresa, com o nome fantasia “Empório do Pão Árabe”, iniciou suas atividades na cidade de Campos dos Goytacazes, norte do estado do Rio de Janeiro, no ano de 1989, ainda de forma autônoma. Em 2014, 25 anos depois, se registrou como MEI – Micro Empreendedor Individual. Já em 2016, com o aumento de sua produção tornou-se Micro Empresa.

Atualmente a empresa funciona de segunda a sábado, produção de 6 horas, tendo como principal produto o pão árabe, fornecendo para: lanchonetes, restaurantes e diretamente para clientes finais.

Na sua produção, existem 3 grandes etapas de processamento;

1º. Preparo da massa: a massa é feita e dividida em pedaços iguais e arrumada a fim da fermentação da mesma – processo que dura 1 hora;

2º. Divisão da massa: as massas são novamente divididas em pedaços menores e são arrumadas com o mesmo fim do processo anterior, fermentação – processo que dura 1 hora e 15 minutos.

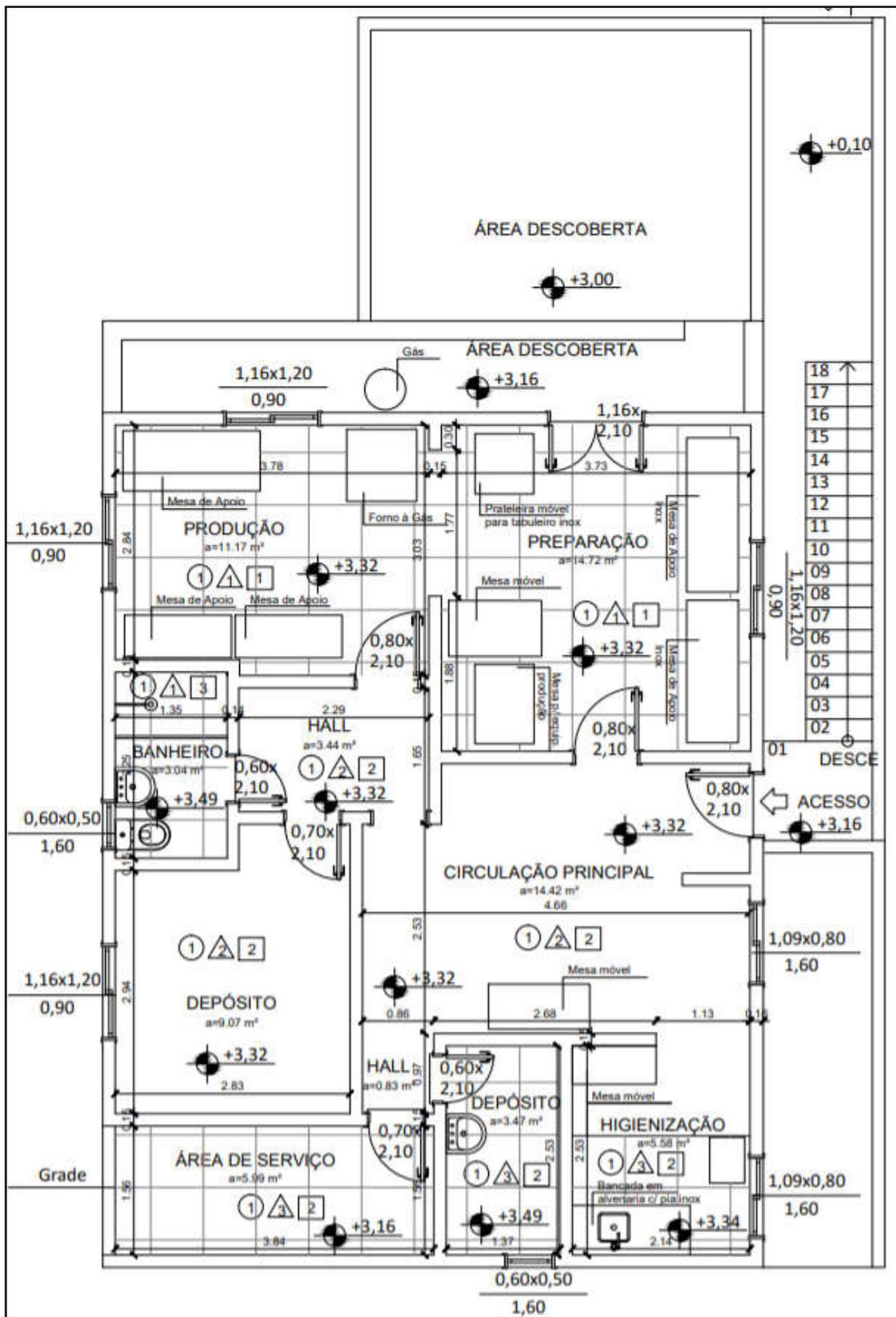
3º. Preparo e Produção do pão: nela, os pedaços de massas são amassados, abertos em discos, assados e arrumados – processo que dura 3 horas e 30 minutos.

Devido à 3ª etapa de processamento da empresa apresentar maior movimentação de materiais e maior tempo de processamento, o estudo focou apenas nesta etapa e, dessa forma, as informações na sequência, são apenas dessa etapa.

4.1. *Layout* da empresa

Atualmente, a disposição dos equipamentos do processo de produção da empresa foi feita conforme o entendimento do proprietário, sem qualquer análise e estudo de *layout*. Porém, pode-se verificar que o *layout* se aproxima de um *layout* em linha, ou em U. A figura 11 apresenta a planta da área total da empresa.

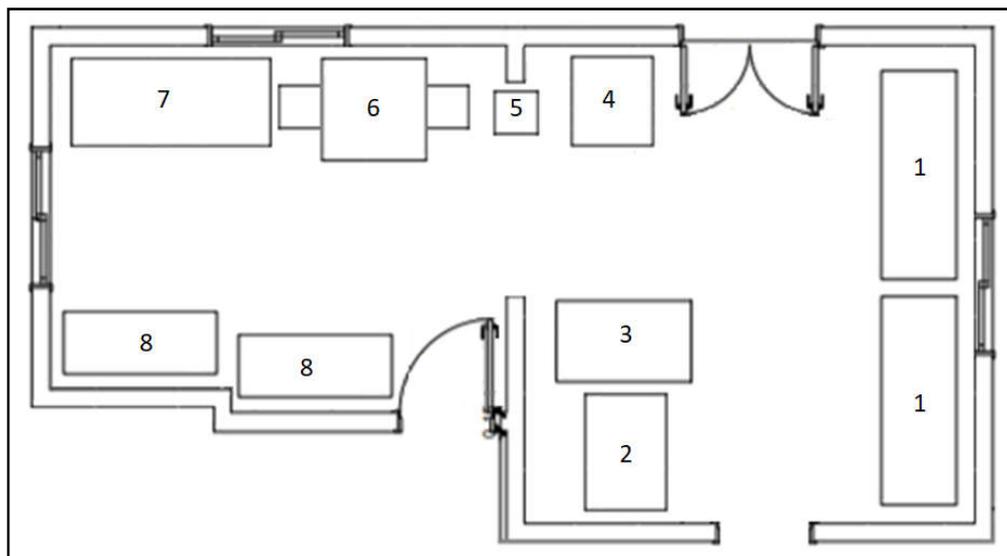
Figura 11: Planta da empresa



Fonte: Empório do Pão Árabe

A planta apresentada na figura anterior demonstra uma visão da área total da empresa. Porém, para este trabalho, a análise será efetuada apenas nas áreas de produção e de preparação. Na figura 12 pode-se visualizar tal parcela da planta.

Figura 12: Planta da área de preparação e produção



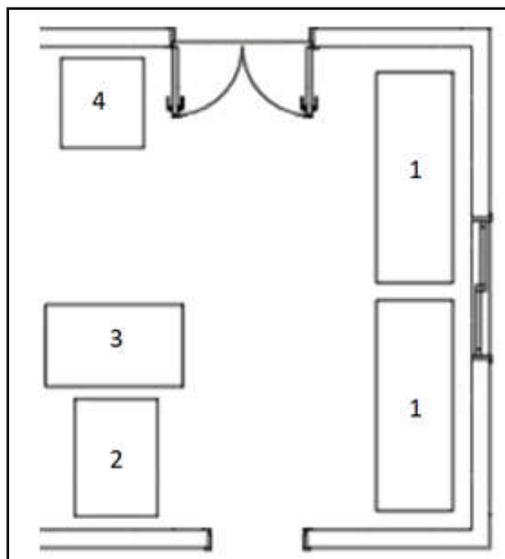
No apêndice I são mostradas as fotos das áreas de preparo e produção da empresa. Na área da preparação, a massa é preparada para ser assada, e na produção, a massa de fato é assada, se transformando no produto final: o pão árabe. A área destinada ao preparo e a produção é de 14,72 m² e 11,17 m², um total de 25,89 m². Para ter uma melhor visualização do que é feito nestas duas áreas, abaixo os equipamentos são enumerados e será inserida uma descrição das atividades de cada área.

Para entender as etapas de preparo, os passos são descritos abaixo, de acordo com a figura 13:

1. Na mesa (1), as massas são amassadas e empilhadas em 9 unidades para serem cilindradas;
2. Na mesa (2), que apoia 2 cilindros, as massas são cilindradas no primeiro cilindro, tornando-se uma massa oval e logo em seguida são processadas no segundo cilindro, tornando-se uma massa redonda com uma média de 22 cm de diâmetro;

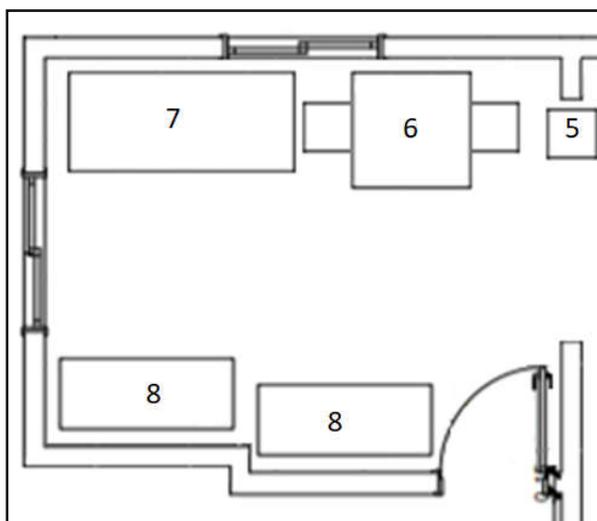
3. Na mesa (3), as massas são arrumadas lado a lado em bandejas, onde, cada bandeja possui 9 massas. As bandejas são colocadas na prateleira (4);

Figura 13: Área de Preparação da massa



Após esses 3 passos, a massa está pronta para ser assada. Pode-se visualizar a planta da área de produção na figura 14.

Figura 14: Área de produção do pão árabe



A seguir, o passo a passo da etapa da produção é descrito.

1. A mesa de apoio (5) recebe uma bandeja por vez, as massas contidas nessa bandeja são colocadas de forma constante no forno (6), estima-se uma taxa constante de 6 pães por minuto;
2. Após assados, os pães são arrumados na mesa (7) com a finalidade de serem resfriados;
3. Com os pães resfriados, são empilhados em 12 unidades, sendo acomodados nas mesas (8) para embalagem.

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A seguir são apresentados os passos seguidos para realizar a pesquisa.

5.1. Mapeamento das informações da empresa

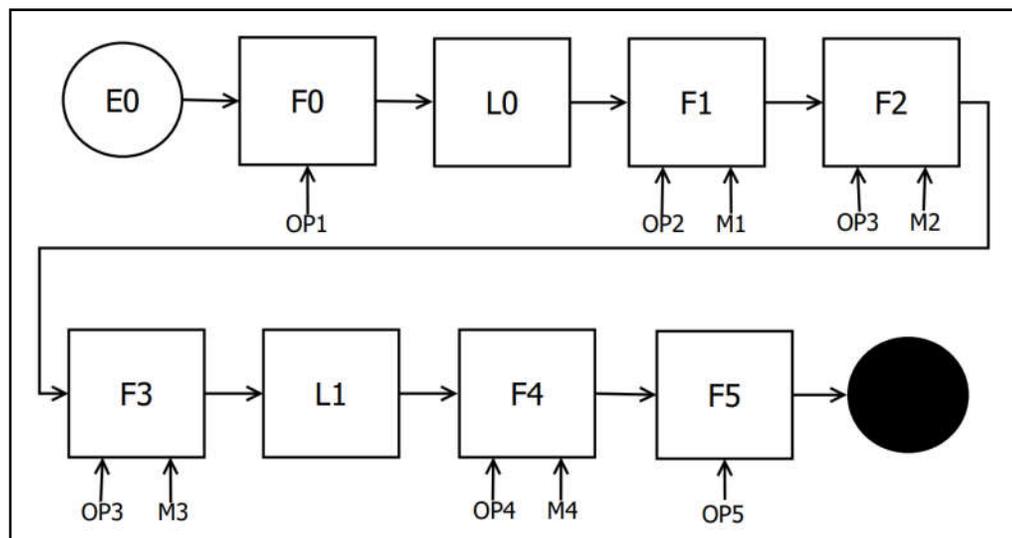
Durante todo o período deste estudo, foram realizadas várias visitas a empresa a fim de analisar os fluxos e obter os tempos de cada processo. Dados como *layout*, equipamentos utilizados, deslocamento, tempo de processamento, produção média diária e tempo disponível para produção foram apresentados nessas visitas.

Nos próximos tópicos, tais números são apresentados de acordo com as necessidades dos mesmos nos tópicos.

5.2. Aplicação da Simulação Computacional

A simulação computacional foi executada no *software* Arena 16 (versão de estudante). Mas antes da execução no *software*, foi elaborado o modelo conceitual de acordo com o método IDEF-SIM proposto por Leal (2008). Tal modelo, figura 15, apresenta a entrada das massas, execução dos processos sobre elas até o fim do processo.

Figura 15: Modelo Conceitual



Com o intuito de facilitar a realização da simulação computacional, a tabela 4 apresenta as informações de recursos empregados e os tempos para cada processo.

Tabela 4: Descrição do modelo conceitual

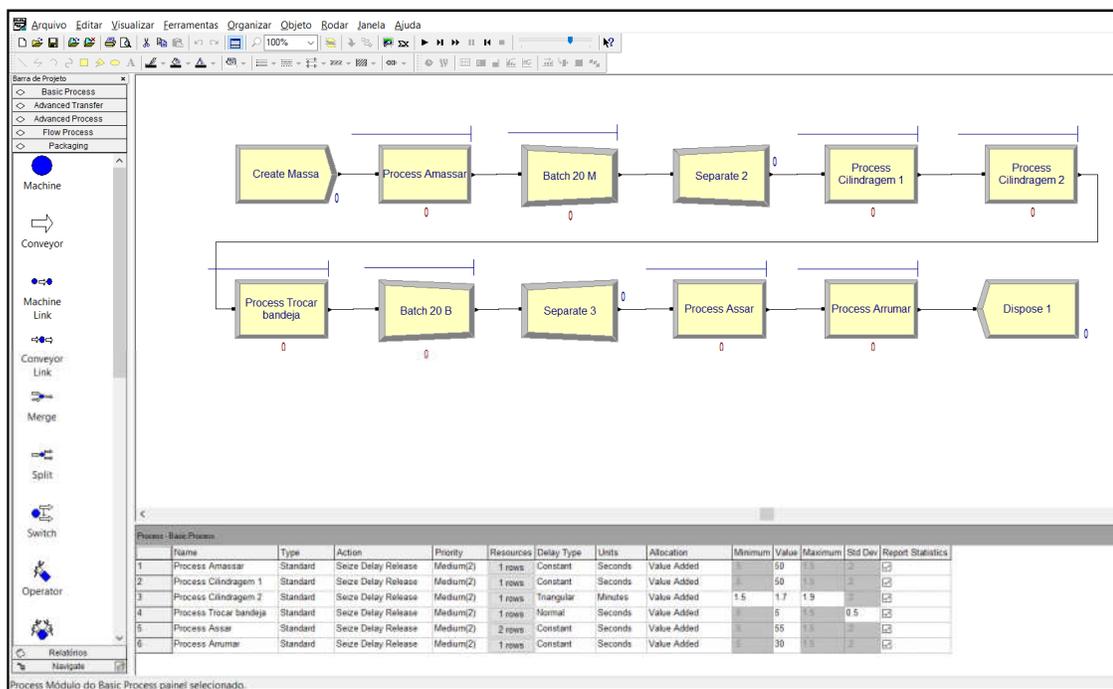
Cód	Descrição	Parâmetros
E0	Massa	Chegada de 120 grupos de 9 massas
F0	Amassar massa	Constante (50) seg
L0	Lote 20 Grupos	Acumular 20 grupos
F1	Cilindrar massa 1ª vez	Constante (50) seg
F2	Cilindrar massa 2ª vez	Triangular (min = 1,5; moda = 1,7; max = 1,9) min
F3	Empilhar bandejas na estante	Normal (média = 5; DV = 0,5) seg
L1	Lote 20 bandejas	Acumular 20 bandejas
F4	Assar	Constante (55) seg
F5	Arrumar pão	Constante (30) seg
OP1	Funcionário A	Qnt. 1
OP2	Funcionário B	Qnt. 1
OP3	Funcionário C	Qnt. 2
OP4	Funcionário D	Qnt. 1
OP5	Funcionário E	Qnt. 1
M1	Recurso: Cilindro 1	Qnt. 1
M2	Recurso: Cilindro 2	Qnt. 1
M3	Recurso: Estante	Qnt. 1
M4	Recurso: Forno	Qnt. 1

Na figura 16, pode-se visualizar a tela do Arena com os processos e parâmetros configurados.

O seguinte trabalho foi configurado para executar os tempos de deslocamento atuais da empresa. Conforme descrito no item anterior, a empresa produz uma média de 1080 pães por dia em 3 horas de trabalho – levando em consideração as duas últimas etapas.

Conforme Hecker *et al.* (2010), se os resultados da simulação são de acordo com os tempos reais, pode-se contar com a simulação para efetuar as melhorias e verificar os resultados alcançados com estas.

Figura 16: Imagem da tela do Arena



5.3. Aplicação no método SLP

Antes de aplicar o método, foi feita uma avaliação de deslocamento entre os processos da empresa. Abaixo, na figura 17 pode-se visualizar a planta da empresa e a movimentação que é feita.

Figura 17: Enumeração dos processos da empresa

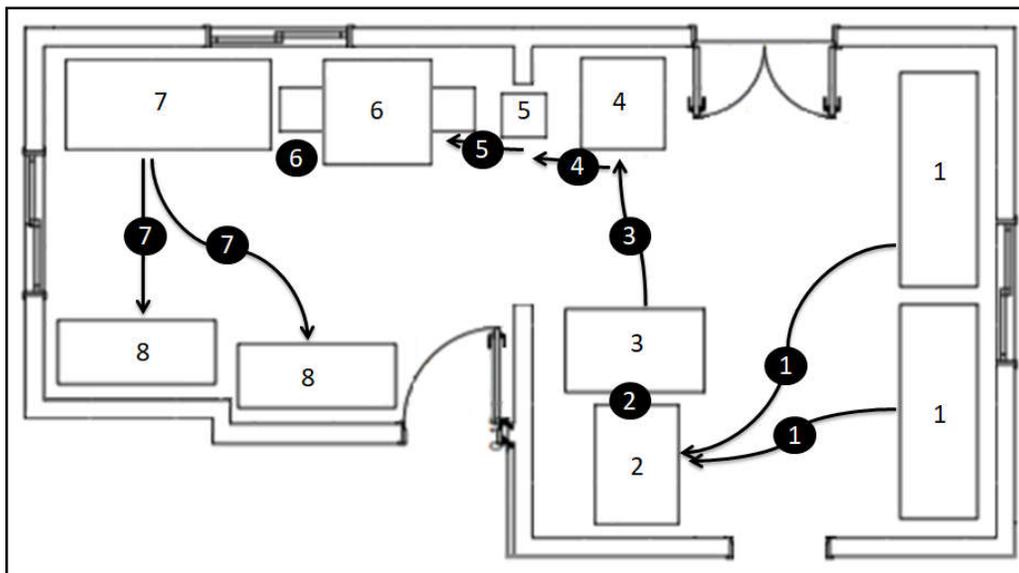
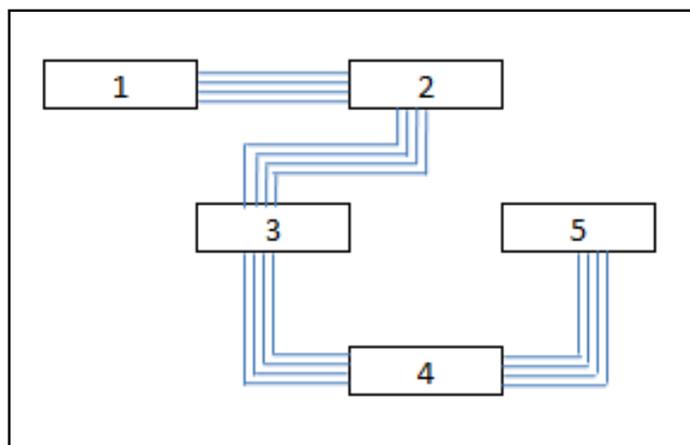


Figura 19: Diagrama de Relacionamento



Tendo em vista as informações dos gráficos acima, pode-se criar um *layout* em linha ou U, não levando em consideração, ainda, os espaços necessários e as restrições da empresa (portas, colunas, etc).

Após obter o conceito do *layout* básico como ponto de partida, pode-se buscar alternativas levando em consideração as limitações do local.

Na tabela 6, são descritas as áreas totais de cada equipamento e qual a área total necessária para que o *layout* seja criado. As medidas já levam em consideração os espaços necessários para a operação.

Tabela 6: Área total necessária

Equipamento	Comprimento	Largura	Área
1	3,8	1,3	4,94
2	1,3	1,2	1,56
3	1,4	0,75	1,05
4	1,5	0,7	1,05
5	0,8	0,8	0,64
6	1,7	1,2	2,04
7	1,7	1,4	2,38
Área Total			13,66

Após esses passos, um novo *layout* pode ser proposto e ser avaliado no passo seguinte deste estudo.

5.4. Aplicação da Simulação no novo *layout*

Nesta última etapa, houve uma alteração apenas nos parâmetros do modelo conceitual com a redução dos tempos de execução (influenciada pelo menor deslocamento entre processos). Abaixo, na tabela 7, são apresentados os parâmetros do modelo conceitual do novo *layout* – apenas a redução do tempo do F1 e do F5)

Tabela 7: Novos parâmetros do modelo conceitual

Cód	Descrição	Parâmetros
E0	Massa	Chegada de 120 grupos de 9 massas
F0	Amassar massa	Constante (50) seg
L0	Lote 20 Grupos	Acumular 20 grupos
F1	Cilindrar massa 1ª vez	Constante (45) seg
F2	Cilindrar massa 2ª vez	Triangular (min = 1,5; moda = 1,7; max = 1,9) min
F3	Empilhar bandejas na estante	Normal (média = 5; DV = 0,5) seg
L1	Lote 20 bandejas	Acumular 20 bandejas
F4	Assar	Constante (55) seg
F5	Arrumar pão	Constante (30) seg
OP1	Funcionário A	Qnt. 1
OP2	Funcionário B	Qnt. 1
OP3	Funcionário C	Qnt. 2
OP4	Funcionário D	Qnt. 1
OP5	Funcionário E	Qnt. 1
M1	Recurso: Cilindro 1	Qnt. 1
M2	Recurso: Cilindro 2	Qnt. 1
M3	Recurso: Estante	Qnt. 1
M4	Recurso: Forno	Qnt. 1

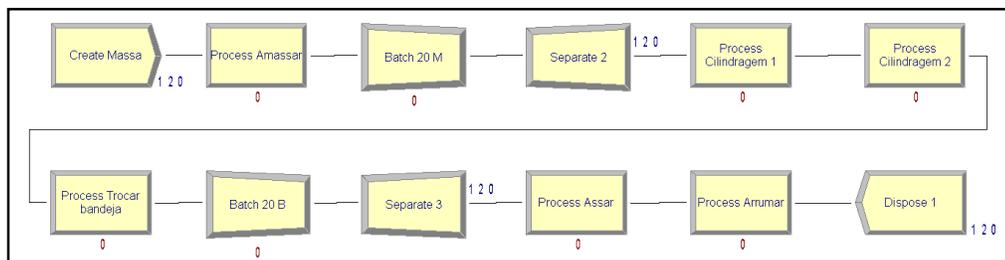
Após a realização das mudanças da simulação no Arena, o estudo também realizou algumas iterações para verificar se a capacidade produtiva poderia aumentar com as alterações de horas de trabalhos e a aquisição de um forno com maior capacidade. Na primeira simulação desta etapa, utilizou-se o tempo de três horas para 1080 pães, já na outra simulação, não foi estipulado valores máximos para as entidades, ou seja, utilizou-se a estrutura para verificar qual era a capacidade produtiva nas horas de trabalho disponíveis.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Resultados da simulação do *layout* atual

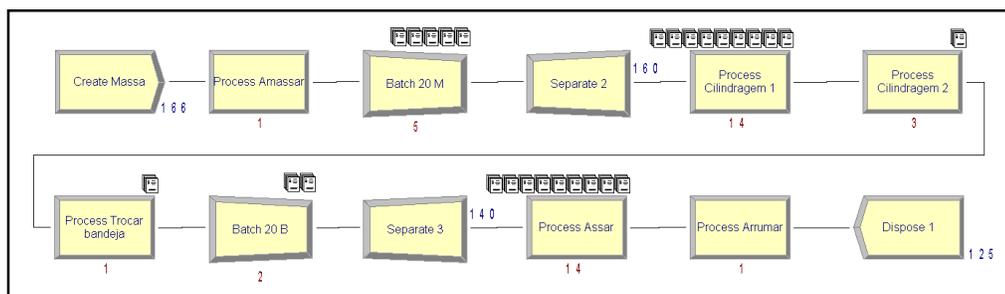
De acordo com relatório da simulação executada, todos os 120 grupos de 9 massas que entraram foram finalizados – Figura 20.

Figura 20: Simulação do *layout* atual



Para saber de fato qual a capacidade produtiva atual deste *layout*, o limite de entrada foi alterado de 120 para “*infinite*”. Desta forma, entraram no sistema 166 grupos de massas e foram finalizados 125. As entidades não finalizadas ficaram acumuladas em alguns processos, como visto na figura 21.

Figura 21: Fila nos processos da empresa



Na última etapa deste estudo, buscou-se avaliar algumas alternativas para poder finalizar o maior número de entidades.

6.2. Resultados do SLP

Nesta etapa, já descrita em passo a passo no capítulo anterior, foi criado uma proposta de novo *layout* da empresa apresentado na figura 22. Tal *layout* obteve uma redução em seu deslocamento total de 217 metros. Na tabela 8 são

apresentados os novos deslocamentos e na tabela 9 mostra-se a diferença de deslocamento entre os *layouts*.

Figura 22: *Layout* Proposto

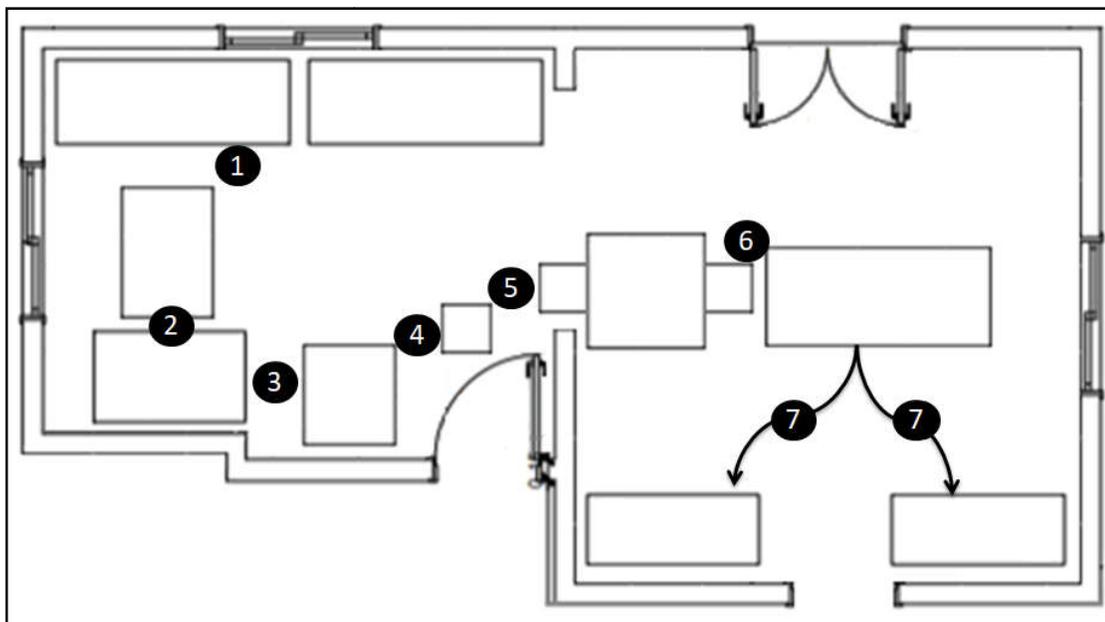


Tabela 8: Deslocamento total do *layout* proposto

Nº	Qtde Deslocamento	Distância (m)	Deslocamento Total (m)
1	60	0,4	24
2	120	0,6	72
3	120	0,4	48
4	120	0,4	48
5	120	0,4	48
6	1080	0	0
7	90	0,9	81
Deslocamento Total			321

Tabela 9: Diferença de deslocamento entre *layout*

Nº	Deslocamento Layout 1	Deslocamento Layout 2	Diferença Deslocamento
1	133	24	109
2	72	72	0
3	144	48	96
4	48	48	0
5	60	48	12
6	0	0	0
7	81	81	0
		Diferença total	217

Conforme a tabela 9 foi possível reduzir em 217 metros por dia de distância percorrida entre os processos da empresa. Com esses novos números, foi feita uma estimativa de tempos para a empresa com o intuito de realizar a próxima etapa. Tais tempos foram incluídos na nova tabela 7 que apresenta os novos parâmetros do modelo conceitual que foi apresentada no capítulo anterior.

6.3. Simulação computacional do novo *layout*

Levando em consideração os novos números de execução, foram feitas as devidas alterações no modelo computacional a fim de verificar se as mudanças poderão surtir efeitos produtivos para a empresa.

Após tais modificações, a figura 23 apresenta as configurações atualizadas no Arena. Com essa nova configuração, todos os itens que entraram no sistema foram finalizados – figura 24. Assim como foi feito inicialmente, o estudo avaliou a nova capacidade produtiva com o *layout* proposto. A figura 25 mostra que o sistema, após alterar o número de entrada de entidades para “*infinite*”, teve uma entrada de 181 e uma execução de 139, ou seja, em relação ao *layout* anterior, houve um aumento de 14 blocos de 9 massas, totalizando um aumento de 126 pães ao fim do dia.

Outra modificação realizada foi a utilização do OP2 ao invés do OP3 na mudança das bandejas, obtendo 2 lotes, 18 pães, a mais finalizados. Mais um detalhe observado na análise, foi a falta de padrão no processo de cilindragem 2. Foi observado que a média de processamento, 1,5 minutos, sofre algumas variações. Se tais variações fossem controladas chegando a um tempo de processamento

padrão de 1,5 minutos, a produção seria elevada em 4 blocos, sendo 36 pães a mais por dia.

Figura 23: Configuração da nova simulação

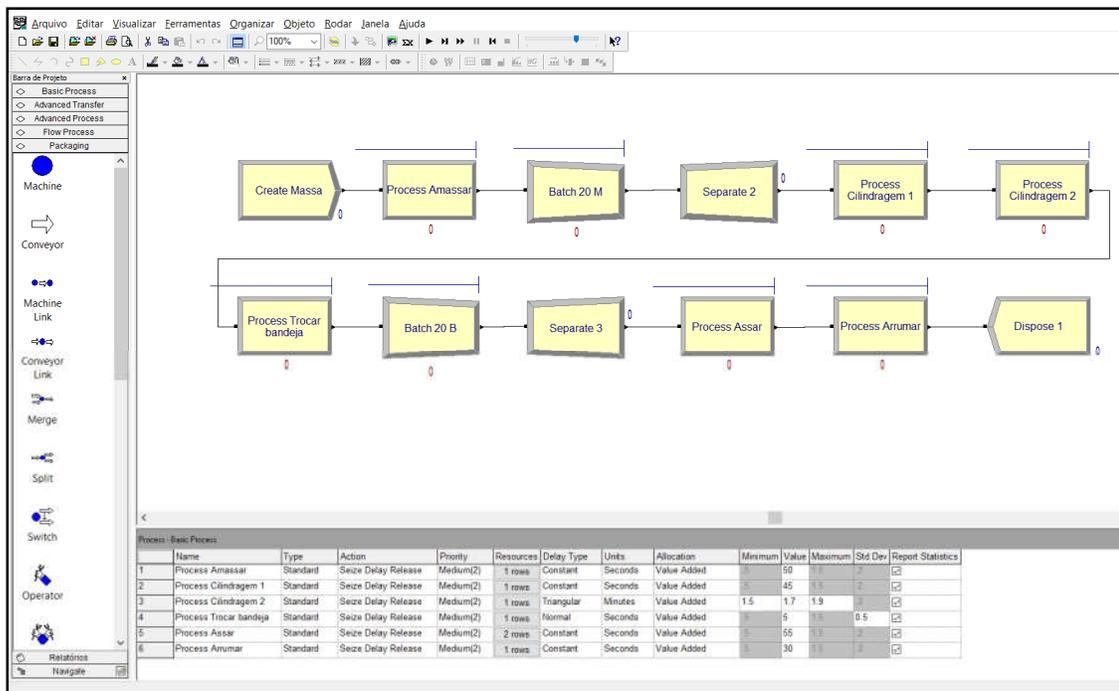


Figura 24: Resultados do novo layout

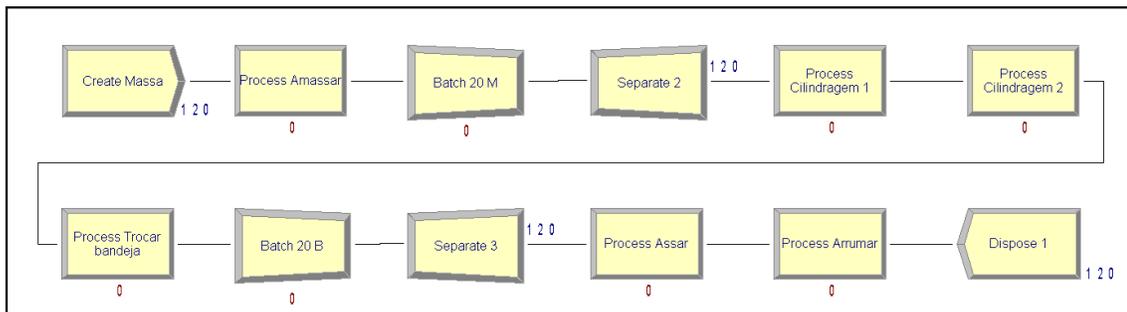
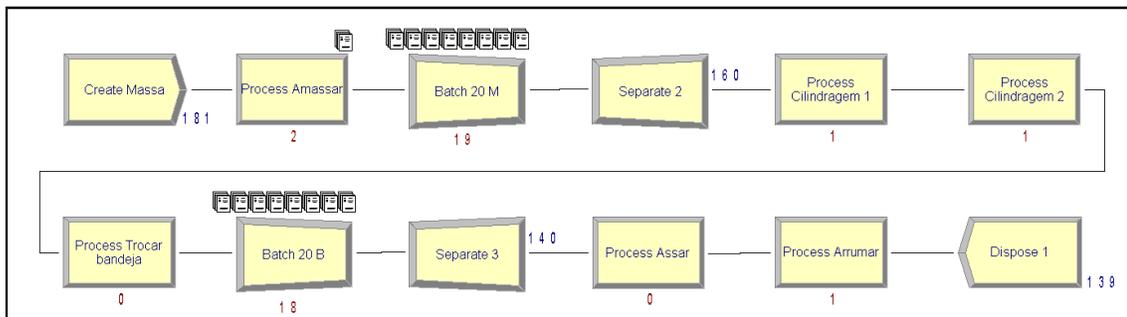
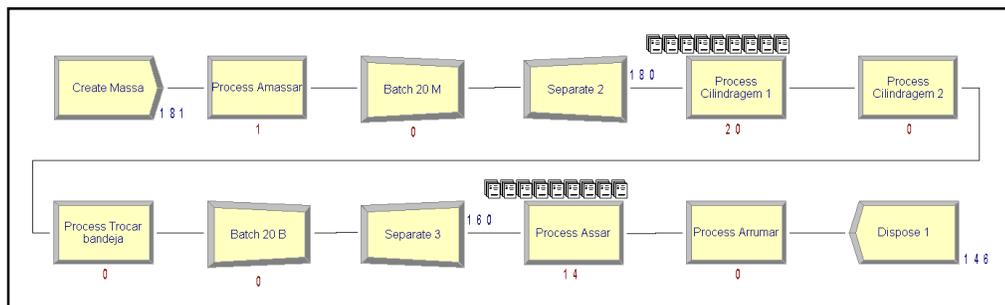


Figura 25: Resultados do novo layout sem limite de entrada



Ao final, foi feita uma última simulação com todas as modificações propostas no decorrer deste estudo, os resultados se mostraram promissores. Entraram no sistema 181 grupos de massa e foram finalizados 146, totalizando 109,5 dúzias, um acréscimo de 19,5 dúzias por dia na produção – Figura 26.

Figura 26 – Simulação com todas as propostas



Dessa forma, as alterações propostas para a empresa são:

1. Modificação do *layout* conforme a figura 22;
2. Alterar o executante do processo de retirada de bandejas do OP3 para o OP2;
3. Buscar uma melhora no processo “Cilindragem 2” a fim de conseguir a padronização do tempo para uma média de 1,5 minutos por bandeja.

7. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por principal objetivo averiguar se os métodos distintos, SLP e Simulação computacional, podem ser conciliados obtendo bons resultados para a área acadêmica. Partindo desse ponto de vista, conclui-se o presente trabalho como satisfatório.

O SLP permitiu mapear os processos com os seus tempos e as suas necessidades e remodelar o *layout* da empresa. Já a simulação computacional, auxiliou na determinação da capacidade produtiva atual, prever a capacidade produtiva do novo *layout* e realizar algumas iterações no novo *layout* buscando melhorar ainda mais o resultado do SLP.

Como afirma Hosseini *et al.* (2012), o principal objetivo do SLP é analisar o fluxo de materiais e a proximidade das estações de trabalho. Tendo essa informação, pode-se concluir que tal objetivo foi alcançado e o estudo conseguiu analisar o fluxo da empresa além de definir qual a necessidade de proximidade entre os processos. Desta forma, foi possível desenvolver e propor um *layout* com um deslocamento bem abaixo do deslocamento atual.

Chraibi *et al.* (2016), destacam que a simulação computacional possui um papel importantíssimo para avaliar se as mudanças desejadas em *layouts* surtirão ou não efeitos expressivos na produção. Com os resultados obtidos no estudo, não foi diferente. Com a simulação computacional pôde-se prever como o sistema iria se comportar com as mudanças realizadas no *layout* da empresa. Os resultados mostraram que a capacidade produtiva da empresa aumentou.

De acordo com Montevechi *et al.* (2007), além de realizar tais verificações, a simulação computacional pode diminuir riscos financeiros com a aquisição de novos equipamentos, contratação de mão-de-obra ou alteração da planta produtiva.

Para este trabalho a conclusão foi que a simulação pode auxiliar o SLP em casos de uma reformulação de *layout* em pequenas empresas e, além de apresentar os números de uma nova capacidade produtiva, a simulação pode efetuar iterações onde pode-se avaliar algumas alterações de funções entre os funcionários da empresa. Porém, destaca-se que a alteração realizada no sistema só foi possível, pois houve uma diminuição considerável de deslocamento daquele funcionário.

Para trabalhos futuros, propõe-se utilizar a metodologia proposta neste estudo em empresas de maior porte e não necessariamente do mesmo setor. Com

resultados futuros, a metodologia aqui proposta pode se consolidar como opção de suporte para estudos que pretendem avaliar e propor melhorias em *layouts* de diversas empresas.

REFERÊNCIAS

Amit, N., Suhadak, N., Johari, N., Kassim, I. (2012). Using simulation to solve facility layout for food industry at XYZ Company (p. 647–652). *IEEE*.

<https://doi.org/10.1109/SHUSER.2012.6268900>

Carlo, F. D., Arleo, M. A., Borgia, O., & Tucc, M. (2013). Layout design for a low capacity manufacturing line: A case study. *International Journal of Engineering Business Management*, 5(Special Issue on Innovations in Fashion Industry).

<https://doi.org/10.5772/56883>

Carson, J. Introduction to modeling and simulation. *Conference On Winter Simulation*, 37., 2005, Orlando. Proceedings. Marietta: Brooks Automation, 2005. p. 16 - 23.

Carvalho, J. Conheça os bastidores da produção de um avião na Embraer. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/conheca-os-bastidores-da-producao-de-um-aviao-na-embraer/>>. Acesso em: 13 out. 2016.

Chraibi, A., Waller, T., Kharraja, S., Artiba, A. (2016). Using Discrete Event Simulation to evaluate Operating Theater Layout. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 95–98. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.556>

Comba, L., Belforte, G., Gay, P. (2012). Plant Layout and Pick-and-place Strategies for Improving Performances in Secondary Packaging Plants of Food Products: Strategies For Improving Performances In Secondary Packaging Plants. *Packaging Technology and Science*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/pts.1984>

Corrêa, H. L.; Corrêa, C. A. Administração de produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Flessas, M., Rizzardi, V., Tortorella, G. L., Fettermann, D., Marodin, G. A. (2015). Layout performance indicators and systematic planning: A case study in a southern Brazilian restaurant. *British Food Journal*, 117(8), 2098–2111.

<https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2015-0012>

- Galaske, N., Tantik, E., & Anderl, R. (2015). Discrete-Event Simulation Software for Modeling Flexibility-Driven Manufacturing Processes (p. V004T05A015). ASME. <https://doi.org/10.1115/DETC2015-47411>
- Greasley, A. (2004). The case for the organisational use of simulation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(7), 560–566. <https://doi.org/10.1108/17410380410555808>
- Haraszko, C., Németh, I. (2015). DES Configurators for Rapid Virtual Prototyping and Optimisation of Manufacturing Systems. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 59(3), 143–152. <https://doi.org/10.3311/PPme.7888>
- Hecker, F.; Hussein, W.; Becker, T.. Analysis and optimization of a bakery production line using ARENA. *International Journal Of Simulation Modelling*, [s.l.], v. 9, n. 4, p.208-216, 15 dez. 2010. DAAAM International. [http://dx.doi.org/10.2507/ijimm09\(4\)4.175](http://dx.doi.org/10.2507/ijimm09(4)4.175).
- Hollocks, B.W. (1992), “Simulation: a well kept secret?”. *Insight*, Vol. 5 No. 4, pp. 12-17
- Hosseini, S. S., Wong, K. Y., Mirzapour, S. A., Ahmadi, R. (2013). Multi-Floor Facility Layout Improvement Using Systematic Layout Planning. *Advanced Materials Research*, 845, 532–537. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.845.532>
- Jahangirian, M., Eldabi, T., Naseer, A., Stergioulas, L. K., & Young, T. (2010). Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research*, 203, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.004>
- Kharwat, A. K. (1991). Computer simulation: an important tool in the fast-food industry (p. 811–815). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/WSC.1991.185689>
- Leal, F.; Almeida, D. A.; Montevechi, J. A. B. Uma Proposta De Técnica De Modelagem Conceitual Para A Simulação Através De Elementos Do IDEF. *XL SBPO*, João Pessoa, PB, 2008.
- Montevechi, J. A. B., Costa, R. F. da S., Leal, F., Pinho, A. F. de. (2010). Economic Evaluation of Scenarios for Manufacturing Systems Using Discrete Event Simulation

Based Experiments. *BJ - Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 7, 77–103.

Montevechi, J. A. B., Pinho, A. F. de, Leal, F., & Marins, F. A. S. (2007). Application of design of experiments on the simulation of a *process in an automotive industry*. *Winter Simulation Conference*, 1601–1609.

R. Muther, "Systematic Layout Planning", Mc-Graw Hill, New York, 1976

Naqvi, S. A. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1), 1207296. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296>

Ojaghi, Y., Khademi, A., Yusof, N. M., Renani, N. G., Hassan, S. A. H. bin S. (2015). Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry. *Procedia CIRP*, 26, 247–251. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.050>

O’Kane, J., Papadoukakis, A., Hunter, D. (2007). Simulation usage in SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 14(3), 514–527. <https://doi.org/10.1108/14626000710773583>

Peinado, J., Graeml, A. R. (2007). Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP.

Prajapat, N., Waller, T., Young, J., Tiwari, A. (2016). Layout optimization of a repair facility using discrete event simulation. *Procedia CIRP*, 56, 574–579. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.10.113>

Singh, A. P., Yilma, M. (2013). Production floor layout using systematic layout planning in Can manufacturing company (p. 822–828). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2013.6689649>

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Princípios de Administração da Produção*. São Paulo: ATLAS S.A.

Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., Oliveira, M. T. C. de, Alher, F., & Corrêa, H. L. (2009). *Administração da produção*. São Paulo: Atlas. Recuperado de

<https://pt.slideshare.net/GedielValdisseradaSi/administracao-da-producao-nigel-slackstuart-chambersrobert-johnston>

TOMPKINS, J. A. (ED.). Facilities planning. 4th ed ed. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2010.

Yujie, Z., & Fang, W. (2009). Study on the General Plane of Log Yards Based on Systematic Layout Planning (p. 92–95). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/ICIII.2009.332>

APÊNDICE I – FOTOS DA EMPRESA

- Área de preparo da massa:



- Área de produção do pão:

