



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS – ICEA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – DEENP
CAMPUS JOÃO MONLEVADE**



EDSON MONTEIRO FARIAS

**O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA
AVALIAR COMO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE
IMPACTA NA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA
PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO**

**João Monlevade
2015**

EDSON MONTEIRO FARIAS
edsonmonteirofarias@yahoo.com.br

**O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA
AVALIAR COMO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE
IMPACTA NA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA
PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
de Produção da Universidade Federal de Ouro
Preto como parte dos requisitos para a obtenção do
Grau em Engenharia de Produção.

Professor orientador: Dr. Alexandre Xavier Martins

João Monlevade
2015



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
 Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
 Colegiado do Curso de Engenharia de Produção
ANEXO VIII – ATA DE DEFESA



Aos 29 dias do mês de fevereiro de 2016, às 14 horas, na sala D304 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo aluno Edson Monteiro Farias, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Dr. Alexandre Xavier Martins, Dr^a. Luciana, Lucas Dietrich Silva Barbosa. O aluno apresentou o trabalho intitulado: O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA AVALIAR COMO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE IMPACTA NA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO. A comissão examinadora deliberou, pela:

- () Aprovação
 (x) Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: 30 dias
 () Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____
 () Reprovação

do aluno, com a nota 9.4. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo aluno.

João Monlevade, 29 de fevereiro de 2016.

Professor Orientador: Dr. Alexandre Xavier Martins

Convidada: Dr^a. Luciana Paula Reis

Convidado: Lucas Dietrich Silva Barbosa

Aluno: Edson Monteiro Farias



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



ANEXO VII - TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “O USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA AVALIAR COMO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE IMPACTA NA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR ALIMENTÍCIO” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 29 de março de 2016

Nome completo do aluno

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Edson do Carmo Farias e Maria do Rosário Monteiro Farias, por terem me amparado por tanto tempo.

A minha irmã Dra. Letícia Monteiro Farias pelo apoio nos momentos difíceis.

A Mariana Silva Lopes, pelo carinho, amizade e companheirismo.

A Renato Cota (Coruja), meu amigo, primo e irmão, pela amizade e ajuda nas ilustrações do presente trabalho.

Ao meu orientador Dr. Alexandre Martins, pela confiança, paciência e dedicação.

A Alexandre e Wallace, por abrirem as portas da empresa, e pelas informações prestadas.

RESUMO

FARIAS, Edson Monteiro. O uso da simulação computacional para avaliar como o aumento da produtividade impacta na capacidade produtiva em uma pequena indústria do setor alimentício, 2015. (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto.

Este trabalho é resultado de um estudo desenvolvido em uma pequena indústria do setor alimentício, com o objetivo de utilizar a técnica de simulação computacional para avaliar como o aumento da produtividade impacta na capacidade de produção da empresa estudada. As análises e conclusões, foram realizadas a partir de dados do sistema real e da simulação de cenários, a fim de avaliar o comportamento do sistema mediante a alterações em suas variáveis. A metodologia utilizada é a Simulação Computacional com caráter descritivo, e através dela foi possível conhecer o comportamento do sistema. Através da simulação aplicada, foi possível constatar que o aumento da produtividade do recurso gargalo, implica em significativos ganhos na capacidade produtiva do sistema estudado.

Palavras-chave: *Simulação computacional. Aumento de Produtividade. Capacidade Produtiva. Simulação de Processo Produtivo. Software ARENA.*

ABSTRACT

This work is the result of a study conducted in a small industry of the food sector, in order to use the computer simulation technique to assess how increasing impacts productivity in production capacity of the company studied. The analyzes and conclusions were developed from the real system data and created settings simulation, to assess system behavior through changes in its variables. The methodology used is the Computer Simulation with descriptive, and through it was possible to know the behavior of the system studied by changes in its variables. Through applied simulation, it was found that the increase in productivity bottleneck resource, implies significant gains in the productive capacity of the studied system.

Keywords: Computer simulation. Productivity increase. Productive capacity. Productive Process Simulation. ARENA software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diversas marcas de tempero expostas em um supermercado.	15
Figura 2 - Esboço do layout do setor de produção de temperos secos.	32
Figura 3 - Operação de descarga da homogeneizadora.	36
Figura 4 - O operário prepara a matéria prima para a batelada seguinte enquanto a homogeneizadora opera.	37
Figura 5 - Fluxograma vertical construído a partir da observação do processo de carga e descarga da homogeneizadora.	38
Figura 6 - Visão do modelo construído no software ARENA.	43
Figura 7 – Diagrama de Pareto: tempo demandado para executar as atividades que compõem a operação de carga da homogeneizadora.	54
Figura 8 - Esboço comparativo entre o design real da homogeneizadora, e o proposto pelo autor.	56
Figura 9 - Esboço comparativo entre layout linear e em formato de "U".	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alocação de operários no setor de temperos secos conforme o tipo de envase.	31
Tabela 2 - Distribuições estatísticas do tempo necessário para realizar as operações.	41
Tabela 3 - Tempo demandado nas atividades realizadas, durante uma jornada de trabalho de quatrocentos e oitenta minutos (oito horas).	42
Tabela 4 - Confronto entre a produção do sistema real e os valores gerados através da simulação.	43
Tabela 5 - Comparativo entre o volume de produção nos cenários 1 e 2.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo gasto nos três estágios do ciclo de funcionamento da homogeneizadora, dado em segundos.	39
Gráfico 2 - Comparação entre a ocupação da homogeneizadora durante as operações de homogeneização, carga e descarga.	44
Gráfico 3 – Taxas de ocupação dos recursos de homogeneização e de envase, através da simulação de três cenários.	45
Gráfico 4 – Cenário 1: evolução da taxa de ocupação da homogeneizadora.	47
Gráfico 5 - Cenário 1: evolução das taxas de ocupação dos recursos da seção de envase manual e automatizado.	48
Gráfico 6 – Cenário 1: evolução do número de caixas produzidas.	49
Gráfico 7 - Cenário 2: evolução da taxa de ocupação da homogeneizadora.	50
Gráfico 8 - Cenário 2: evolução das taxas de ocupação dos recursos da seção de envase manual e automatizado.	51
Gráfico 9 - Cenário 2: evolução do número de caixas produzidas.	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO	14
1.1	Formulação do problema	14
1.2	Justificativa	17
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivo específicos	19
1.3.3	Estrutura do trabalho	19
2	BASE TEÓRICA DO ESTUDO	21
2.1	Planejamento e Controle da Produção	21
2.2	Capacidade Produtiva	22
2.3	Simulação Computacional	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	Natureza da pesquisa	25
3.2	Classificação da pesquisa.....	26
3.3	Metodologia do projeto de simulação.....	26
3.3.1	Formulação e análise do problema	26
3.3.2	Formulação do modelo conceitual.....	27
3.3.3	Coleta de dados.....	27
3.3.4	Tradução do modelo	28
3.3.5	Verificação e validação do modelo	28
3.3.6	Experimentação	29
3.3.7	Projeto experimental final e análise dos dados.....	29
3.3.8	Apresentação dos resultados.....	29
4	O SISTEMA ESTUDADO.....	30
4.1	A empresa X	30
4.2	O processo produtivo de temperos secos	31
4.2.1	A homogeneização de matérias primas	32
4.2.2	O envase automatizado	33
4.2.3	O envase manual.....	33
4.2.4	A seção de embalagem	34
4.3	A descrição do problema	34

4.3.1	A descrição detalhada do processo de carga e descarga da máquina homogeneizadora de matérias primas.....	35
5	CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	40
5.1	A construção do modelo	40
5.2	A validação do modelo	43
6	ANÁLISE E RESULTADOS.....	46
6.1	Resultados dos cenários simulados.....	46
6.1.1	Cenário 1	46
6.1.2	Cenário 2	49
6.2	A validação da hipótese lançada.	53
7	PROPOSTAS PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE NA SEÇÃO DE HOMOGENEIZAÇÃO DO SISTEMA REAL.....	54
7.1	Análise do tempo demandado na realização das atividades que compõem as operações de carga e descarga da homogeneizadora.....	54
7.2	Proposta para reduzir o tempo de descarga da homogeneizadora	55
7.3	Proposta para reduzir o tempo gasto com deslocamento	56
8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	58
8.1	Trabalhos Futuros	59
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Este primeiro capítulo apresenta o tema do estudo “O uso da simulação computacional para avaliar como o aumento da produtividade impacta na capacidade produtiva de uma pequena empresa do setor alimentício”.

Serão abordados temas como: a aplicação da simulação computacional em processos reais e competitividade entre empresas.

O capítulo é composto pela formulação do problema, justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.

1.1 Formulação do problema

Nas últimas décadas, o entendimento de como conduzir uma empresa mudou muito. Fatores como a globalização da economia e da concorrência, o advento de novas tecnologias e novos entrantes no mercado surgindo a todo o momento, obrigou o mundo empresarial aprimorar a forma de lidar com o mercado. As empresas que insistiram em se manter na comodidade do formato tradicional de gestão, foram engolidas pela concorrência, apagadas da memória do mercado consumidor e simplesmente, deixaram de existir.

Tubino (2000, p.16) compara esse aprimoramento do mundo empresarial com o Darwinismo: “Darwin já havia equacionado o problema em 1859: ou os espécimes evoluem ou são extintas pela concorrência. Os empresários acordaram para essa realidade”.

Atualmente no mercado, há uma imensa gama de produtos que podem ser facilmente substituídos por outros. No setor alimentício, essa realidade é bastante comum e fácil de perceber. O consumidor pode, por exemplo, comprar manteiga no lugar de margarina, óleo de girassol ao invés de óleo de soja, e sal com menor teor de sódio no lugar do tradicional. Ainda é possível para o consumidor, escolher entre diversas marcas, um mesmo produto.

O presente estudo foi desenvolvido em uma pequena empresa do setor alimentício fabricante de temperos. Para as empresas que atuam neste setor, a concorrência é bastante

acirrada, pois geralmente não há grandes diferenças nas características entre os produtos de marcas distintas.

Desta forma, diante de tantas opções no momento da compra, a precificação do produto pode fazer toda diferença na escolha do consumidor. E no caso da ausência de uma marca preferida nas prateleiras do supermercado, é muito provável que o consumidor opte pelo produto do concorrente sem pensar duas vezes.



Figura 1 - Diversas marcas de tempero expostas em um supermercado.

Segundo (TROSTER, 1999 apud MENEGHELLI, p. 2), o escocês Adam Smith elaborou a teoria onde, em tese, aplica-se o benefício do livre comércio e da liberdade econômica.

“A solução para o funcionamento da economia na sociedade deve ser encontrada nas leis de mercado, na interação do interesse individual e na concorrência, uma vez que o empresário se vê obrigado pelas forças da concorrência a vender suas mercadorias a um preço próximo do custo de

produção: é preciso ser o mais eficiente possível para manter seus custos baixos e permanecer em condições competitivas...”

Entre as empresas que não querem entrar em extinção, tornou-se obrigatório melhorar seus processos em busca do aumento de produtividade, fornecer aos seus clientes produtos com qualidade e preços competitivos.

Para os fabricantes de temperos, é bastante comum ver produtos de pequenas empresas que atendem somente um mercado regional, competir espaço com gigantes como: Ajinomoto, Maggi, Yoki, Arisco, Knorr, Kitano, etc.

Para esta realidade, Tubino (2000), diz que as empresas de bens ou serviços que não adaptarem seus sistemas produtivos para a melhora contínua de produtividade não terão espaço nesse processo de globalização.

Face ao exposto, fica clara a necessidade de processos produtivos eficientes, capazes de atender a demanda do mercado, operando com baixos custos, e propiciando uma margem de lucro aceitável para os empresários.

Um dos fatores que impulsionou (e impulsiona) a competitividade das empresas por eficiência nos processos produtivos é o avanço tecnológico. A evolução da tecnologia, principalmente na área da computação, tem se mostrado bastante útil quando aplicada a estudos relacionados ao melhoramento de processos produtivos industriais em todo mundo, inclusive no Brasil.

Para (PRESSMAN, 2006 apud MARCHI & NASCIMENTO, p. 2), os softwares computacionais são tecnologia ímpar no cenário mundial, devido à capacidade de automatizar processos manuais e resolver problemas rotineiros nas mais diversas áreas.

A computação permitiu a criação de novas técnicas, antes impossíveis ou inviáveis de serem executadas, totalmente voltadas para o estudo de melhorias em sistemas produtivos. Uma dessas técnicas é a simulação computacional, elemento fundamental do presente trabalho.

De acordo com Freitas Filho (2008, p.22)

“A simulação tem sido cada vez mais aceita e empregada como uma técnica que permite aos analistas dos mais diversos segmentos (administradores, engenheiros, biólogos, técnicos em informática, etc.) verificarem ou encaminharem soluções, com a profundidade desejada, aos problemas com os quais lidam diariamente”

Um bom exemplo da empregabilidade da simulação computacional para analisar e propor soluções de melhoramento na eficiência de processos é dado por Munha (1999). Através de um estudo, ele alcançou aumento da eficiência operacional, redução de estoque em processo e melhor aproveitamento da área útil ao utilizar a simulação computacional para reorganizar o setor de SEDEX do Centro Operacional de Belo Horizonte.

Outro bom exemplo é (LOPES 1999 apud KLEN 2007 p. 15), que utilizou a simulação computacional na MICHELIN, para analisar investimentos e otimizar as operações de estoque em um armazém automatizado, alcançando aproximadamente 18,5% em ganho de produtividade.

Neste trabalho, a simulação computacional será utilizada para analisar o processo de fabricação de temperos secos de uma pequena empresa do setor alimentício. Através do software ARENA será analisado a possibilidade de melhorar a produtividade desse processo e reduzir os custos operacionais, a fim de aumentar a disponibilidade dos produtos no mercado, e contribuir com o aumento da competitividade da empresa.

1.2 Justificativa

A técnica de simulação computacional tem ganhado espaço em diversos segmentos da economia, devido sua grande capacidade de enxergar como o sistema reage dado um determinado estímulo.

Para Freitas Filho (2008), a simulação permite estudar sistemas reais e responder questões do tipo: “O que aconteceria se?”. O uso da simulação computacional permite responder tais questões sem que o sistema real sofra qualquer interferência, pelo fato do estudo ser realizado em um computador.

Darci Prado (2010) afirma que das inúmeras aplicações no mundo atual, a maior quantidade delas tem sido em linhas de produção, desde indústrias manufatureiras até empresas mineradoras.

Face ao exposto, o presente trabalho se justifica ao propor o uso da simulação computacional para analisar o processo de fabricação de temperos secos da empresa estudada,

e buscar soluções para o aumento da capacidade produtiva deste processo através do ganho de produtividade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Utilizar a simulação computacional para analisar o processo produtivo de temperos secos da empresa estudada. Posteriormente, buscar soluções para torna-la mais competitiva através do aumento da capacidade de produção com aumento da produtividade neste setor.

1.3.2 Objetivo específicos

1. Fazer um estudo bibliográfico no que diz respeito à técnica de simulação e sobre sua aplicabilidade no contexto industrial;
2. Realizar um estudo bibliográfico sobre Planejamento e Controle da Produção (PCP), Capacidade de Produção e Simulação Computacional;
3. Construir um modelo computacional que represente a realidade do problema estudado;
4. Validar o modelo construído, confrontando dados do sistema real com os obtidos através da simulação;
5. Avaliar o comportamento do sistema, mediante aos cenários propostos;
6. Propor para o sistema real, aprimoramentos compatíveis com os resultados das simulações, e com os objetivos do trabalho.

1.3.3 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo foi apresentada a formulação do problema tratado. Também foram expostas a justificativa para o desenvolvimento, e os objetivos que norteiam o presente trabalho.

O segundo capítulo é composto pela fundamentação teórica do estudo. PCP, Capacidade de Produção e Simulação Computacional são assuntos que serão abordados.

O capítulo três expõe o processo metodológico utilizado no desenvolvimento deste trabalho. Nele será apresentada a natureza e a classificação da pesquisa, juntamente com toda descrição da metodologia utilizada no projeto de simulação.

No quarto capítulo será apresentada a empresa e o processo de produção de temperos secos. Nele será realizada a descrição do problema encontrado e levantada hipóteses para solucioná-lo.

No quinto capítulo será apresentada a validação do modelo computacional através do confronto de dados do sistema real com os resultados gerados através da simulação.

O resultado dos cenários simulados e suas respectivas análises são apresentados no sexto capítulo. As hipóteses levantadas no quarto capítulo serão testadas através dos dados gerados pela simulação dos cenários propostos.

No sétimo capítulo serão apresentadas propostas de melhorias para o processo produtivo real, levando em consideração a análise dos resultados da simulação e os objetivos do presente trabalho.

O oitavo capítulo aborda as conclusões do estudo, e o nono capítulo apresentará toda referência bibliográfica explorada para a execução deste trabalho.

2 BASE TEÓRICA DO ESTUDO

Este capítulo apresenta a base teórica em que o estudo foi fundamentado. Aqui serão abordados conceitos sobre PCP, Capacidade de Produção e Simulação Computacional.

2.1 Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é fundamental para os sistemas produtivos. Responsável por coordenar e aplicar recursos produtivos da melhor forma possível para atender os níveis estratégico, tático e operacional, o PCP gerencia o fluxo de materiais através do fluxo de informações e tomadas de decisão (TUBINO, 2000).

Slack et.al. (2002) divide o PCP em duas etapas: primeiro o Planejamento e posteriormente o Controle da Produção. Para o autor, no Planejamento é formalizado os acontecimentos desejados para ocorrer no futuro. Já o Controle, é a execução do planejado, mesmo com o surgimento de imprevistos ao longo do tempo.

Na literatura, os sistemas produtivos são analisados sob a perspectiva de três horizontes de planejamento: estratégico, tático e operacional.

Para Tubino (2009), no planejamento estratégico é definido o Plano Mestre de Produção (PMP) responsável por dimensionar a capacidade produtiva a ser instalada de acordo com a previsão de demanda a longo prazo. O planejamento tático se baseia no PMP, e busca formas de utilizar da melhor forma possível os recursos instalados, de forma a atender toda demanda dos clientes. O planejamento operacional é responsável por executar e entregar ao cliente aquilo que foi definido pelo planejamento tático, considerando as limitações do sistema montado.

Para Lutosa et.al. 2008, são nos planejamentos de níveis estratégico e tático que se deve buscar meios para alcançar a excelência operacional. Gerenciar gargalos e adequar o layout da planta para explorar adequadamente a capacidade de produção instalada, são fatores que influenciam diretamente na competitividade da empresa.

2.2 Capacidade Produtiva

Entende-se como capacidade produtiva, a quantidade máxima que um equipamento ou planta produtiva é capaz de alcançar quando não ocorre nenhuma perturbação interna ou externa.

“Capacidade pode ser definida como a taxa máxima de saída que uma instalação é capaz de alcançar” (REID & SANDERS, 2002 p. 166).

A capacidade produtiva pode ser planejada de forma bastante prematura, enquanto uma planta produtiva ou máquina está sendo projetada ou modificada.

Para Lutosa et al. (2008), capacidade produtiva projetada, é a capacidade máxima de produção sob condições operacionais ideais, ou seja, sem nenhuma perturbação.

Para se manter competitiva no mercado, é imprescindível que a planta produtiva de uma empresa opere de forma equilibrada, condizente com a demanda do mercado e sua capacidade de produção.

Um sistema produtivo deve ser ajustado para atender a demanda já existente do mercado. A existência de recursos com capacidade ociosa induz custos fixos desnecessários que encarecem os produtos. O contrário também desfavorece, porque a falta de recursos na medida necessária implica em produção insuficiente para atender a demanda, favorecendo os concorrentes e o surgimento de novos entrantes no mercado (LUTOSA et al., 2008).

Para Tubino (2000), planejar em médio e longo prazo a capacidade produtiva de um sistema, está além de promover compra de equipamentos e contrato de funcionários. Para ele, é necessário levar em consideração questões como: adequar o layout das instalações físicas da planta produtiva de forma adequada, ajustar o tempo de ciclo dos recursos gargalos para melhorar o ritmo do sistema produtivo, analisar possibilidade de remanejamento de funcionários quando necessário, etc.

Para Reid & Sanders (2001), produtividade é a medida da eficiência com que as entradas estão sendo convertidas em saídas.

Porém, avaliar o nível de desempenho de um processo produtivo, e propor soluções para aumentar a produtividade, não é uma tarefa trivial, ainda mais quando não se tem recursos e conhecimentos necessários.

Entretanto, existem técnicas como a simulação computacional que atualmente tem sido bastante difundida, e cada vez mais utilizada para simplificar a resolução de problemas reais.

2.3 Simulação Computacional

A técnica de simulação computacional, embora para alguns possa parecer ser algo bem recente, começou a ser utilizada na década de 50, quando os primeiros computadores surgiram.

O poder dessa técnica chamou a atenção de estudiosos, e logo na década de 60 começaram a surgir linguagens computacionais específicas para esse fim. Porém ainda seu uso era ainda bastante limitado.

A evolução dos computadores, principalmente na capacidade de processamento gráfico, permitiu que a simulação computacional tivesse grande ascensão na década de 80.

Atualmente, a simulação computacional está difundida em empresas e universidades de todo globo terrestre. A atual tecnologia empregada nos computadores e nos softwares de simulação, permite que eventos de alta complexidade possam ser simulados, como por exemplo, a disposição ideal para os equipamentos de produção em uma montadora de automóveis.

Diversos são os autores que, em suas publicações, trazem definições para simulação computacional.

Para (SCHRIBER, 1974 apud FREITAS FILHO, 2008 p. 21), “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”

Prado (2010) define simulação como uma técnica que utiliza a computação almejando construir um modelo que melhor representa o sistema em estudo.

“O ato de reproduzir um sistema usando um modelo que descreve seus processos é chamado simulação” (KRAJEWSKI et al., 2009).

Uma característica da técnica de simulação computacional que chama bastante atenção, é a facilidade que ela tem de se adequar a problemas de diversas naturezas.

De acordo com Prado (2010), atualmente em todo o mundo, a simulação computacional é aplicada em diferentes áreas como segurança pública, logística, gestão hospitalar, engenharia de trânsito, gestão de serviços e em linhas de produção.

Prado (2010), fala sobre a grande flexibilidade do emprego da simulação. Para ele, “A simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual, nas áreas mais diversas, que vão desde produção em uma manufatura até o movimento de papel em um escritório” e arremata dizendo que “tudo que pode ser descrito, pode ser simulado”. O autor cita diversas áreas em

que a simulação pode ser usada como ferramenta de análise e apoio a tomada de decisão, dentre elas operações bancárias, supermercados, escritórios, call center, processamento de dados, confiabilidade de sistemas, nos diversos modais da logística e em linhas de produção.

Para Freitas Filho (2008), prever a diferença no comportamento do sistema com sutis intervenções no mesmo, visualizar o comportamento do sistema através de animações, economiza tempo e recursos financeiros em projetos. Características, que segundo o autor, são aspectos favoráveis para a técnica de simulação computacional estar tão difundida.

Outro fator que tem ajudado bastante a aceitação desta técnica, é a forma que os softwares simuladores tem evoluído para facilitar a interação com o usuário. Empresas desenvolvedoras, tem se mostrado bastante eficiente em torna-los intuitivos e de fácil utilização.

No mercado atual, é possível encontrar diversas opções em softwares simuladores como GPSS, GASP, SIMCRIPT, SIMAN, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOR, TRAFFICWARE e ARENA.

3 METODOLOGIA

Neste terceiro capítulo do trabalho é realizado a descrição da metodologia utilizada para nortear o presente trabalho. Aqui aborda-se a natureza e a classificação da pesquisa, juntamente com a metodologia utilizada no projeto de simulação.

3.1 Natureza da pesquisa

O presente trabalho utiliza a modelagem computacional com abordagem quantitativa como metodologia.

“Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação” (PEGDEN, 1991 apud FREITAS FILHO, 2008 p. 22).

Para (RICHARDSON, 1999 apud BORGES, 2007 p. 47) a metodologia quantitativa “descreve a complexidade de determinado problema, analisa a interação de variáveis, classifica processos dinâmicos e possibilita o entendimento do comportamento dos indivíduos”.

A metodologia de pesquisa quantitativa segundo Sampieri (2006), utiliza a coleta e a análise de dados para responder às questões de pesquisa. Testa hipóteses estabelecidas previamente e confia na medição numérica e na contagem. Frequentemente faz o uso de estatística para estabelecer com exatidão os padrões de comportamento de uma população.

Para Klen (2007), a pesquisa envolvendo simulação computacional com abordagem quantitativa, utiliza distribuição estatísticas a partir dos dados coletados, para representar os processos do sistema real em estudo, permitindo a execução do modelo.

3.2 Classificação da pesquisa

O presente estudo visa analisar o comportamento de um processo produtivo real através da simulação computacional. Mediante alterações em suas variáveis quantitativas, o estudo busca compreender como a produtividade pode influenciar na capacidade produtiva do processo.

“A pesquisa empírica descritiva está principalmente interessada em criar um modelo que descreva de forma adequada as relações causais que podem existir na realidade, o que leva a uma compreensão dos processos reais” (MIGUEL 2010).

Face ao exposto, o estudo é classificado como modelagem computacional de caráter quantitativo e de natureza empírica descritiva.

3.3 Metodologia do projeto de simulação

3.3.1 Formulação e análise do problema

Nesta etapa inicial, os propósitos e os objetivos do estudo devem ser bem definidos. Questões do tipo devem ser claramente respondidas:

1. Por que o problema está sendo estudado?
2. Porquê modelar o sistema real?
3. Quais variáveis relevantes para o estudo?
4. Quais as respostas que o estudo espera alcançar?
5. Quais são as hipóteses prerrogativas?

Para Prado (2010), estar atento algumas questões como as citadas abaixo também pode ajudar na execução desta tarefa:

1. Identificar quem é verdadeiro dono do problema e o que realmente deve ser resolvido;

2. Tentar dividir em pedaços se o problema for complexo;
3. Evitar modelar cenários de grande complexidade, pois além de implicar em maior esforço de trabalho, existe uma maior probabilidade de que os resultados obtidos não sejam confiáveis;
4. Definir qual a meta gerencial que se espera resolver com o projeto de simulação.

Foram realizadas entrevistas com os gerentes da empresa, e observações feitas no chão de fábrica. Durante esse processo foram identificadas a problemática ser estudada e a necessidade de usar a simulação computacional para analisar o processo de fabricação de temperos secos.

3.3.2 Formulação do modelo conceitual

Esta etapa consiste em traçar um esboço do sistema para melhor entender qual a sequência de suas atividades e como elas interagem entre si.

Freitas Filho (2010), recomenda que o esboço se inicie de forma mais simplificada e seja gradativamente complementado com suas peculiaridades e características.

Para evitar custos e esforços desnecessários, durante essa etapa, deve-se tomar o devido cuidado para que detalhes insignificantes não seja incorporado ao modelo. É imprescindível o foco nas variáveis que de fato influenciam nos resultados do sistema a ser modelado.

Durante as visitas ao chão de fábrica da empresa estudada, o diagrama do modelo conceitual do problema foi construído na área de trabalho do software ARENA. Neste estágio, nenhum dado estatístico foi incluído no modelo, pois aqui, o intuito é apenas estabelecer quais operações são essenciais para construir o modelo.

3.3.3 Coleta de dados

A coleta de dados serve para gerar estatísticas confiáveis capaz de conduzir a construção do modelo do sistema real estudado. “É a fase mais importante do projeto de

simulação e está presente em todas as etapas subsequentes” (KLEN, 2007).

Nesta etapa foi empregado além do papel e caneta, um cronômetro digital e duas filmadoras que registraram simultaneamente a realização das operações essenciais para a realização do estudo.

3.3.4 Tradução do modelo

A tradução do modelo se dá através da codificação de uma linguagem de simulação computacional adequada. Existem hoje no mercado diversas opções em softwares destinados para esse fim, porém, devido a maior familiaridade do pesquisador com o software ARENA, optou-se pela utilização deste para o desenvolvimento do estudo.

Nesta fase foram adicionadas ao modelo, estatísticas provenientes da coleta de dados. Também foram inseridos comandos e maiores detalhes do sistema real, para que o modelo se tornasse inteligente o suficiente para reproduzir de forma fiel, o sistema estudado de acordo com os objetivos do trabalho.

3.3.5 Verificação e validação do modelo

Consiste na tarefa de confrontar o funcionamento do modelo com sistema real. É necessário confirmar se os dados gerados são condizentes com os produzidos pelo sistema real.

Para Freitas Filho (2008), cabe ao analista responder as seguintes questões:

1. O modelo gera informações que satisfazem os objetivos do estudo?
2. As informações geradas são confiáveis?
3. A aplicação de testes de consistência e outros confirmam que o modelo está isento de erros de programação?

Klen (2007) sintetiza muito bem o estágio de verificação e validação, dizendo que “É a etapa que assegura se os dados de saída do modelo representam o sistema real, de modo

a gerar subsídios que permitam ao analista, tomar decisões referentes ao problema que gerou a necessidade de se utilizar a simulação como ferramenta de apoio”.

Para validar o modelo construído, os dados gerados pela simulação foram comparados com os do sistema real.

3.3.6 Experimentação

Durante esse processo, são realizados pequenos ajustes para finalizar o modelo e gerar os dados almejados.

Aqui o tempo de experimentação e o número de replicações necessárias foram estabelecidos de modo a garantir a confiabilidade almejada.

3.3.7 Projeto experimental final e análise dos dados

Vários cenários propostos devem ser executados no modelo e seus efeitos devem ser analisados de acordo com o objetivo estabelecido.

Para Klen (2007), os dados de saída gerados pelos diferentes cenários simulados são os pilares que o analista tire suas conclusões e escolha qual deve ser a melhor alternativa a ser implantada no sistema real.

Os cenários propostos foram simulados. Os dados de saída foram analisados, possibilitando conhecer o comportamento do sistema mediante as mudanças propostas.

3.3.8 Apresentação dos resultados

Após a avaliação e apresentação dos resultados gerados, as soluções de melhoria para o sistema real devem ser sugeridas. As propostas de alterações no sistema e os resultados almejados devem ser apresentados de forma clara e objetiva.

Os resultados foram condensados em gráficos, facilitando a compreensão e análise dos mesmos.

4 O SISTEMA ESTUDADO

Este capítulo contém uma breve descrição da empresa, e na sequência, a apresentação do processo produtivo estudado e o problema tratado.

4.1 A empresa X

A mais de uma década atuando no setor alimentício, a empresa (seu nome não será revelado e no presente trabalho ela será tratada como X) está localizada no interior do estado de Minas Gerais.

Além de produzir para sua própria marca, X terceiriza parte de sua capacidade produtiva para outras empresas que atuam no mesmo setor.

Apostando em seu crescimento no mercado que atua, no ano de 2015, X passou a operar em uma nova planta produtiva mais ampla e moderna, e com maior capacidade de produção.

Atualmente a empresa possui aproximadamente 40 funcionários distribuídos nos setores de produção, vendas, administrativo, recepção, e serviços gerais. O mix de produtos é distribuído em três famílias, sendo elas: condimentos, molhos e temperos secos.

A linha de temperos secos representa aproximadamente 30% do faturamento da empresa, e há um interesse por parte da empresa em expandir este valor, pois segundo os gestores de X, o mercado demanda muito por este tipo de produto.

Devido a essa peculiaridade, o setor de produção de temperos secos foi selecionado para o desenvolvimento desse estudo.

4.2 O processo produtivo de temperos secos

A rotina de trabalho no chão de fábrica é de segunda a sexta, com oito horas diárias de duração.

Para produzir os temperos secos, a empresa compra todas as matérias primas, e o processo de fabricação se resume basicamente na homogeneização das mesmas e no envase do produto.

O envase dos temperos secos ocorrem em três tipos de embalagens distintas: potes de 300g e sacos plásticos de 500 g e 1 Kg.

Quando o envase ocorre em potes de 300 g são utilizados uma envasadora automatizada e mais quatro operários, sendo um responsável pela fabricação do tempero, um para alimentar a envasadora automatizada e dois para embalar os produtos em caixas de papelão, e conduzi-las para o setor de expedição.

O envase em sacos plásticos com capacidade de 500 g ou 1 Kg ocorre manualmente. Neste caso são alocados cinco operários. Um responsável pela fabricação do tempero, dois para realizar o envase do produto, um para embalar, e um para lacrar embalagens.

O operário responsável por lacrar embalagens, atende simultaneamente dois setores da indústria, o de temperos secos e o de condimentos. Para isso, este operário alterna seu posto de trabalho entre um setor e outro a cada 15 minutos aproximadamente, ao longo de toda jornada de trabalho.

Envase automatizado		Envase manual	
Descrição da função	Quantidade	Descrição da função	Quantidade
Operário homogeneizador	1	Operário homogeneizador	1
Operador da envasadora	1	Aux. de produção - envase manual	2
Aux. de produção - embalagem	2	Aux. de produção - embalagem	1
-	-	Aux. de produção* - lacre	1
Total	4	Total	5

Tabela 1 - Alocação de operários no setor de temperos secos conforme o tipo de envase.

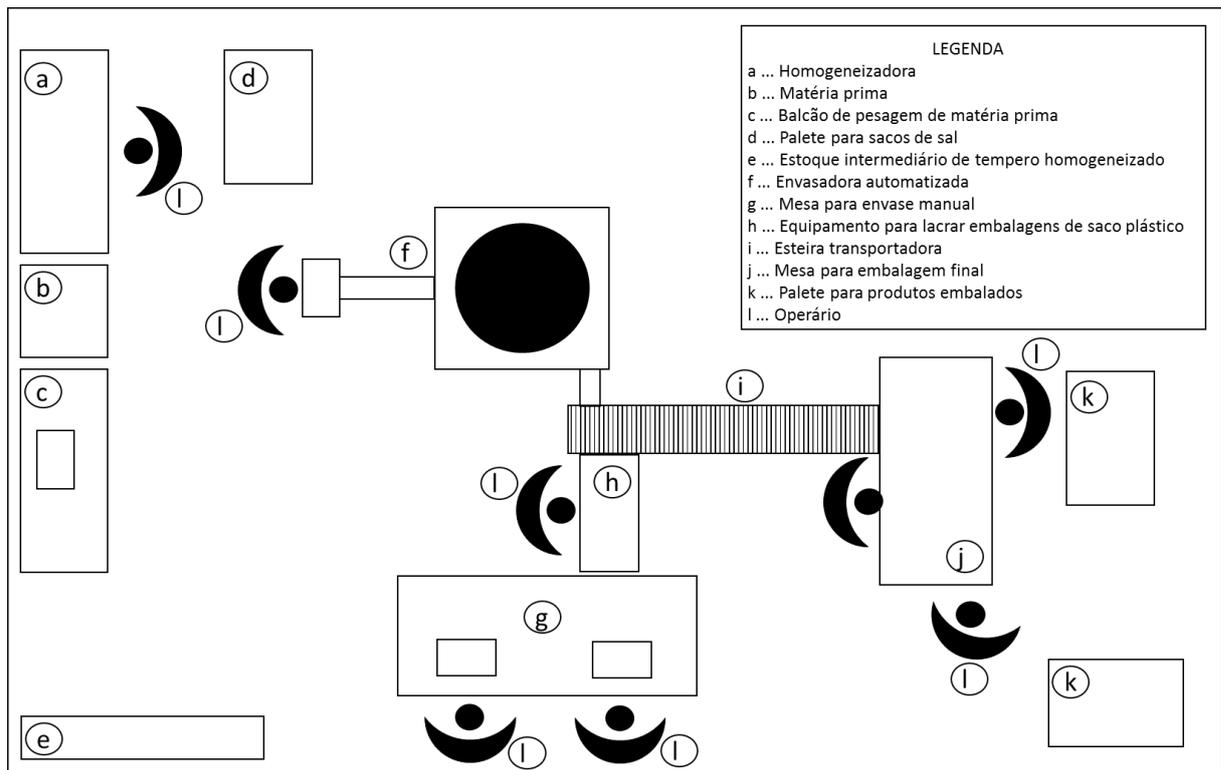


Figura 2 - Esboço do layout do setor de produção de temperos secos.

A Figura 2 mostra o layout do setor de produção de temperos secos. Embora nela representada, as seções de envase automatizado e manual atualmente não operam simultaneamente.

4.2.1 A homogeneização de matérias primas

A fabricação dos temperos secos se inicia com o processo de homogeneização de matérias primas. O processo se inicia com a pesagem das matérias primas pelo operário homogeneizador, e após esta etapa, elas são conduzidas até uma máquina homogeneizadora.

A homogeneizadora possui duas cubas com capacidade de homogeneizar aproximadamente 30 Kg de matérias primas cada uma. Para processar cada batelada, o equipamento gasta exatos 3 minutos, e durante esse período, o operário homogeneizador prepara as matérias primas para a batelada predecessora e transporta para um estoque pulmão o material homogeneizado (tempero) na batelada antecessora. Após 3 minutos contados a

partir do início da operação, a homogeneizadora desliga automaticamente e é descarregada pelo operário homogeneizador.

O tempero é depositado em caixas de PCV apropriadas a esse fim, que posteriormente são conduzidas a um local próximo, onde funciona um pequeno estoque intermediário. Dali, elas são retiradas e conduzidas às seções de envase.

Não existe uma política formal para o funcionamento do estoque intermediário, porém, normalmente o operário homogeneizador para de processar matérias primas quando o estoque atinge 12 caixas, e retoma as atividades quando o número se aproxima de 4.

4.2.2 O envase automatizado

Após o processo de homogeneização, ocorre o envase manual ou automatizado, de acordo com o que é definido pelo PCP.

O envase automatizado é realizado por uma máquina envasadora, capaz de entregar um pote de 300 g de tempero a cada 2,5 segundos.

Na envasadora automatizada é realizado o envase propriamente dito, a compactação do tempero na embalagem, a fixação do lacre de alumínio, a impressão da data de fabricação e o encaixe da tampa do pote. Feito isto, o pote é direcionado a uma pequena esteira e encaminhado para a seção de embalagem final.

Neste processo, um operário fica responsável por alimentar a máquina envasadora com tempero e embalagens. O tempero é buscado no estoque intermediário, enquanto as embalagens ficam ao lado da envasadora. Durante o processo de produção, este operário também fica responsável por verificar aleatoriamente o peso dos produtos e a qualidade da impressão da data de validade nos potes.

4.2.3 O envase manual

O envase manual é realizado por dois operários. O processo tem início com os dois operários transportando uma caixa de PVC contendo aproximadamente 30 Kg de

tempero, do estoque intermediário até a seção de envase manual. Como já mencionado, o envase ocorre manualmente em pequenos sacos plásticos de 500 g ou 1 Kg.

O envase manual ocorre de forma bastante simples, onde cada funcionário enche os saquinhos com o auxílio de uma ferramenta, confere o peso em uma balança e os depositam sobre uma bancada.

Após aproximadamente quinze minutos, um terceiro operário chega ao setor de temperos secos para lacra-los. Lacrar as embalagens é bastante rápido, e em poucos minutos a bancada fica vazia. Conseqüentemente, este operário se desloca para o setor de condimentos, e retorna novamente após aproximadamente quinze minutos.

Após serem lacradas e datadas em um mesmo equipamento, as embalagens são conduzidas através de uma esteira para serem alocadas em caixas de papelão na seção de embalagem.

4.2.4 A seção de embalagem

Para a realização do envase automatizado, dois operários são alocados na seção de envase. Um operário fica responsável por pegar os potes de 300 g e condicioná-los em caixas de papelão com capacidade de 24 unidades. O outro operário fica a cargo de abrir as caixas de papelão, fazer as marcações necessárias, fecha-las quando cheias e deposita-las em um palete com capacidade para 60 caixas. Após completado o palete, esse mesmo operário o encaminha para o setor de expedição da empresa com auxílio de um carrinho para paletes.

Para o envase manual, um único funcionário fica a cargo de todo o processo de embalagem, e de envio ao setor de expedição, devido ao volume de produção ser consideravelmente menor.

4.3 A descrição do problema

Após a primeira visita ao chão de fábrica, foi realizado um diálogo com o gerente de produção da empresa. Durante a conversa, constatou-se que a demanda pelos temperos secos é muito alta.

Diferentemente do que acontece com outros produtos, os temperos secos são produzidos apenas para a marca própria de X. Isto ocorre porque a capacidade de produção dos temperos secos ainda é insuficiente para atender plenamente toda demanda do produto através da marca própria.

Foi questionado o motivo do setor de temperos secos não operar com as duas seções de envase (automatizado e manual) simultaneamente.

Segundo o gerente de produção, já houve a tentativa, entretanto, as seções de envase ficaram bastante ociosas devido à baixa capacidade de produção da seção de homogeneização de matérias primas. Desta forma, ele optou por manter operando apenas uma seção de envase por vez.

Face ao exposto, foi percebido que a seção de homogeneização representa um gargalo no processo de fabricação de temperos secos quando as duas seções de envase operam simultaneamente.

Outras visitas no setor de temperos secos foram feitas, as seções de embalagem e envase foram analisadas, mas o foco principal ficou na seção de homogeneização de matérias primas.

4.3.1 A descrição detalhada do processo de carga e descarga da máquina homogeneizadora de matérias primas

O ciclo de operação da homogeneizadora de matérias primas é dividido em três estágios. O primeiro é o carregamento da homogeneizadora, onde o operário introduz todas as matérias primas. Posteriormente, ocorre a homogeneização, sendo esta a única etapa do processo que agrega valor ao produto. Por fim, ocorre a descarga da homogeneizadora.

Por questões técnicas que envolvem a qualidade do produto, não se pode aumentar a produção de temperos secos reduzindo o tempo de homogeneização de matérias primas. A primeira alternativa que vem em mente é a redução do tempo gasto nos estágios de carga e descarga da homogeneizadora. Para isto, é necessário conhecer bem de perto o processo.

Com o auxílio de filmadoras, imagens do circuito interno de segurança, câmeras fotográficas e um cronômetro além dos tradicionais papel e caneta, foi realizada uma detalhada descrição da operação de carga e descarga da homogeneizadora a fim de identificar as principais atividades executadas e o tempo demandado em cada uma delas.

Como já citado anteriormente, a homogeneizadora demora três minutos para processar cada batelada. Após esse período, a máquina é desligada automaticamente.

Para descarregar a homogeneizadora, o operário gira por 90° na horizontal uma das cubas da homogeneizadora (Figura 3a). Feito isto, parte do tempero cai sobre uma caixa de PVC posicionada ao lado da máquina. Como a liberdade de movimento das cubas da homogeneizadora não é suficiente para dispensar todo o material de uma só vez, o operador precisa finalizar o processo de descarga com as próprias mãos (Figura 3b). O mesmo processo se repete para descarregar a segunda cuba da máquina.

Depois de descarregada, o operador retorna as cubas para a posição inicial, e começa o processo de carregamento da homogeneizadora.



Figura 3 - Operação de descarga da homogeneizadora.

Para carregar a homogeneizadora, o operador se desloca até um palete onde são armazenados sacos com sal. Ali, o operador pega um saco (aberto anteriormente, enquanto a batelada anterior estava sendo processada), o transporta até a homogeneizadora, e despeja seu

conteúdo em uma das cubas da máquina. Como a homogeneizadora possui duas cubas, o operador sempre executa essa atividade duas vezes.

Em seguida, o operador se desloca até uma bancada onde está localizada o restante das matérias primas (pesadas e separadas em dois recipientes, enquanto a batelada anterior estava sendo processada), e os leva um a um até a homogeneizadora. Com as duas cubas devidamente carregadas, o equipamento é acionado pelo operário por um botão próximo a bancada de pesagem de matérias primas.

Enquanto a homogeneizadora funciona, o operário transporta o tempero processado para o estoque intermediário, e prepara as matérias primas para a batelada seguinte.



Figura 4 - O operário prepara a matéria-prima para a batelada seguinte enquanto a homogeneizadora opera.

Para melhor analisar a rotina de atividades envolvidas nos processos de carga e descarga da homogeneizadora, optou-se por construir um fluxograma vertical.

Criado em 1947 pela *American Society of Mechanical Engineers* – ASME, o fluxograma vertical ou fluxograma de processos, é construído a partir de cinco símbolos que representam conjuntos de ações que podem ser encontradas em processos produtivos. Sua simbologia representa as seguintes ações: operação, transporte, inspeção, espera e armazenamento.

Segundo D'Ascensão (2001), o fluxograma vertical permite descrever rotinas de trabalho e identificar atividades que atuam no fluxo de valor do processo, através de uma simples representação gráfica.

FLUXOGRAMA VERTICAL REFERENTE AS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NOS PROCESSOS DE CARGA E DESCARGA DA HOMOGENEIZADORA						
Legenda:		O operação	→ deslocamento	□ inspecionar	D aguardar	∇ armazenar
Nº	Dist. (m)	Tempo (seg)	Símbolos	Operação		
1	1	5	O → □ D ∇	Desloca até a homogeneizadora		
2	0	1	O → □ D ∇	Gira a primeira cuba da homogeneizadora		
3	0	35	O → □ D ∇	Retira manualmente o restante de material da primeira cuba da homogeneizadora		
4	0	1	O → □ D ∇	Gira a segunda cuba da homogeneizadora		
5	0	33	O → □ D ∇	Retira manualmente o restante de material da segunda cuba da homogeneizadora		
6	0	3	O → □ D ∇	Retorna as cubas para a posição inicial		
7	1,5	2	O → □ D ∇	Desloca até o palete com sacos de sal		
8	1,5	7	O → □ D ∇	Pega um saco de sal e o transporta do palete até a homogeneizadora		
9	0	8	O → □ D ∇	Despeja o sal na primeira cuba da homogeneizadora		
10	1,5	2	O → □ D ∇	Desloca até o palete com sacos de sal		
11	1,5	3	O → □ D ∇	Pega um saco de sal e o transporta do palete até a homogeneizadora		
12	0	6	O → □ D ∇	Despeja o sal na segunda cuba da homogeneizadora		
13	3,5	5	O → □ D ∇	Desloca até o balcão de pesagem		
14	3,5	6	O → □ D ∇	Pega e transporta um recipiente contendo matéria prima até a homogeneizadora		
15	0	3	O → □ D ∇	Despeja a materia prima na primeira cuba da homogeneizadora		
16	3,5	4	O → □ D ∇	Desloca até o balcão de pesagem		
17	3,5	6	O → □ D ∇	Pega e transporta um recipiente contendo matéria prima até a homogeneizadora		
18	0	3	O → □ D ∇	Despeja a materia prima na segunda cuba da homogeneizadora		
19	3	3	O → □ D ∇	Desloca até o botão e aciona a homogeneizadora		
Resultado.: O(90) →(24) □(0) D(0) ∇(0) Tempo(136)						

Figura 5 - Fluxograma vertical construído a partir da observação do processo de carga e descarga da homogeneizadora.

A partir da análise preliminar do fluxograma vertical, verifica-se que enquanto são gastos 180 segundos na homogeneização de matérias primas, as operações de carga e descarga consomem 136 segundos, representando 43% do tempo total.

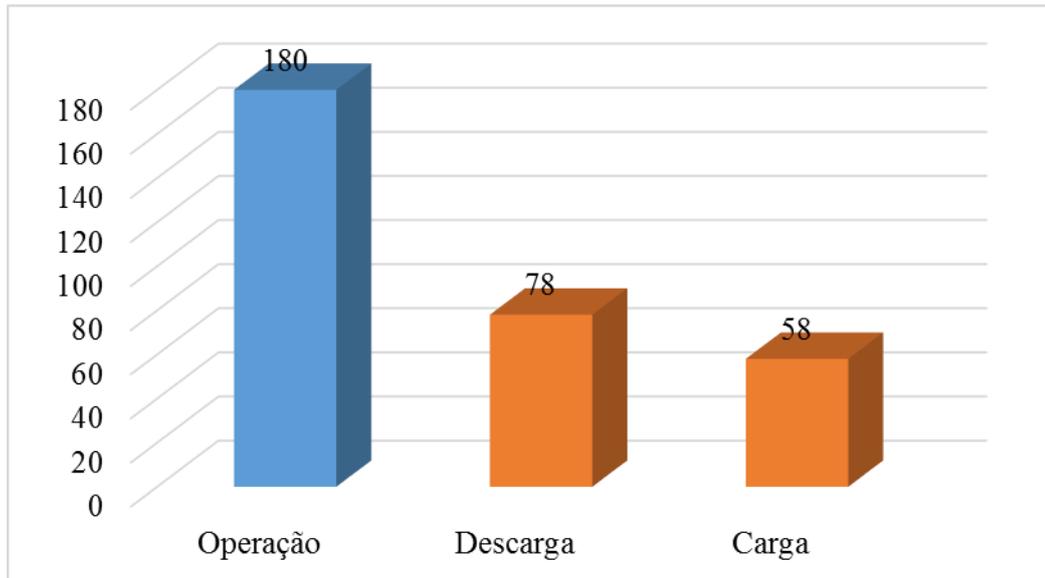


Gráfico 1 - Tempo gasto nos três estágios do ciclo de funcionamento da homogeneizadora, dado em segundos.

Dessa forma, entende-se que as operações de carga e descarga limitam consideravelmente a capacidade produtiva da seção de homogeneização de matérias primas.

Face ao exposto, foi levantada a seguinte hipótese: A redução nos tempos de carga e descarga da homogeneizadora resulta no aumento da capacidade produtiva da seção de homogeneização, possibilitando as seções de envase manual e automatizado operarem simultaneamente, e de forma plena.

Para validar a hipótese, foi utilizada a técnica de simulação computacional para simular cenários com os tempos das operações de carga e descarga reduzidos.

5 CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo, serão expostas as premissas utilizadas para a construção do modelo. Posteriormente, será feita a validação através do confronto entre os resultados gerados pela simulação, e os dados fornecidos pelos gestores de X.

As simulações foram executadas no software Arena 14.0, versão estudante, em um computador Intel i3 1.5Ghz e 6Gb de RAM, sob a plataforma Windows 7 Home Premium versão 64 bits.

5.1 A construção do modelo

Inicialmente foi construído um fluxograma no software ARENA para descrever a sequência das atividades no setor de produção de temperos secos.

Posteriormente, foi realizada a cronometragem das atividades pertinentes que compõem as operações nas seções de homogeneização de matérias primas, de envase manual e envase automatizado.

As cronometragens foram realizadas exaustivamente, e os resultados foram inseridos no *Input Analyser*, a fim de encontrar as distribuições estatísticas que melhor descrevem o tempo gasto em cada etapa do processo de produção de temperos secos. O resultado encontrado pode ser conferido na tabela a seguir.

Operação	Distribuição estatística (minutos)
Homogeneização	CONSTANT (3)
Carga de descarga	NORM(2.68, 0.495)
Envase automatizado (tempo para envasar uma caixa contendo 30 Kg de tempero)	$3.56 + 0.441 *$ BETA(0.363, 0.725)
Envase manual em embalagens de 0,5 Kg (tempo para envasar uma caixa contendo 30 Kg de tempero)	$5 + 2.4 *$ BETA(1.45, 1.96)
Envase manual em embalagens de 1 Kg (tempo para envasar uma caixa contendo 30 Kg de tempero)	NORM(3.76, 0.483)

Tabela 2 - Distribuições estatísticas do tempo necessário para realizar as operações.

Durante a cronometragem das atividades na seção de embalagem, foi constatado que é desnecessário cronometrar e apurar através da simulação o comportamento desta seção.

O ritmo de trabalho para embalar a produção do envase automatizado é bastante intenso. Com a produção de um pote a cada 2,5 segundos, o trabalho é suficiente para deixar os dois operários alocados na seção de embalagem inteiramente ocupados. Ao observar os dois operários trabalhar, ficou fácil constatar que o ritmo de trabalho deles é exatamente igual ao da máquina homogeneizadora.

Para embalar a produção do envase manual, é alocado um único operário, responsável por preparar as caixas de papelão, alocar os produtos nas caixas e fecha-las. Este mesmo operário também coloca as caixas fechadas em um palete e as encaminha para a seção de expedição. O ritmo de trabalho deste operário também é ditado pelo ritmo da seção de envase.

Desta forma, optou-se por inserir no modelo a seção de envase, apenas para visualizar o comportamento de todo setor produtivo de temperos secos durante a simulação. Como as estatísticas que regem as seções de envase são as mesmas das seções de embalagem, optou-se por ignorar os resultados das simulações referente às seções de embalagem.

Os produtos da seção de envase automatizado possuem maior valor agregado e maior demanda, adotou-se no modelo uma política para garantir que a seção de envase automatizado sempre tenha preferência para receber material do estoque intermediário quando as duas seções de envase operam simultaneamente.

Na simulação, foram desconsiderados os intervalos relacionados a parada para o café da tarde, diálogo diário de segurança, preparação para iniciar a produção pela manhã, e execução da limpeza no setor ao final do expediente.

Atividade	Tempo (min)
D.D.S.	10
Preparação para iniciar a produção pela manhã	10
Café	10
Limpeza no final do expediente	15
Produção	435

Tabela 3 - Tempo demandado nas atividades realizadas, durante uma jornada de trabalho de quatrocentos e oitenta minutos (oito horas).

No sistema real, esporadicamente a envasadora automatizada apresenta pequenas falhas durante o processo, resultando em curtas paradas acompanhadas de retrabalho. Como X não possui um histórico de análise de desempenho de seus equipamentos, o modelo construído desconsidera as falhas.

Apesar da inexistência de dados referente à paradas da envasadora automatizada, foi possível identificar a consequência de quando as falhas ocorrem mais gravemente, através do histórico de produção.

Nas seções de envase manual, foi possível identificar, tratar estatisticamente e inserir no modelo as pequenas paradas realizadas pelas operárias.

Para validar o modelo, utilizou-se a média dos três melhores resultados de cada seção de envase, através do histórico de produção do mês de março de 2015.

Levando essa série de fatores em consideração, foi construído um modelo que possibilita às seções de envase manual e automatizado operarem simultaneamente ou uma de cada vez. O modelo também permite avaliar o comportamento do sistema produtivo mediante a redução do tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora.

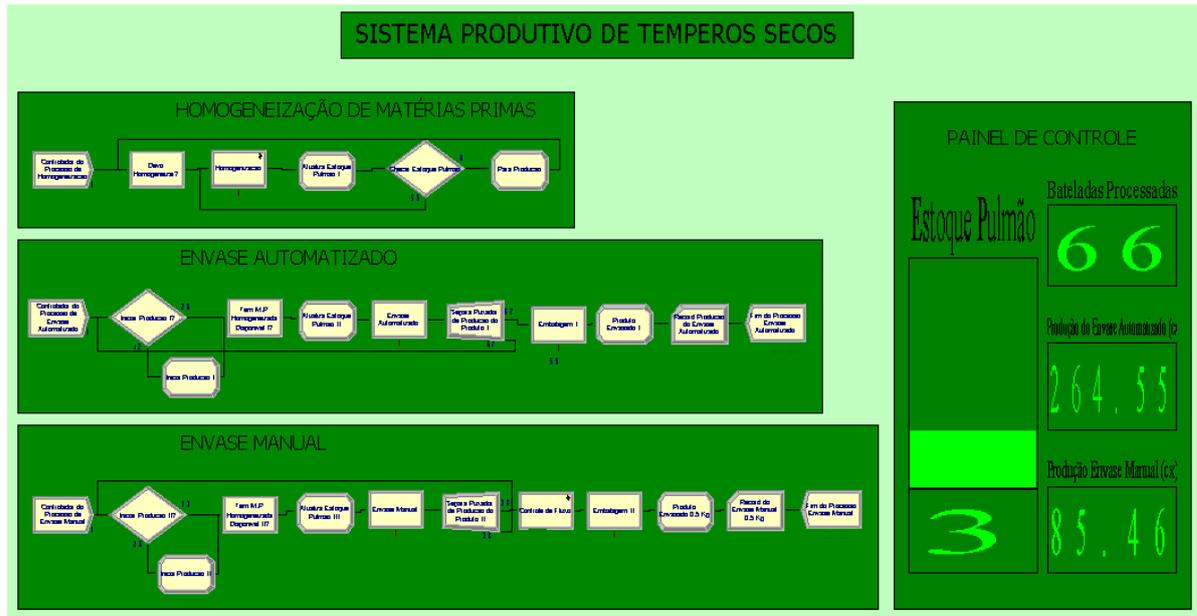


Figura 6 - Visão do modelo construído no software ARENA.

5.2 A validação do modelo

A Tabela 4 mostra a média da produção diária do sistema real, e os valores de produção gerados através da simulação do modelo construído. Ao compara-los, percebe-se que os valores simulados são bem próximos das médias reais.

Seção de envase	Dados do sistema real	Dados gerados pela simulação
Automatizado - Caixas com 24 potes de 300 g	438	454
Manual - Caixas com 24 embalagens de 0,5 Kg	131	136
Manual - Caixa com 12 embalagens de 1 Kg	207	218

Tabela 4 - Confronto entre a produção do sistema real e os valores gerados através da simulação.

Através do Gráfico 2, é possível comparar as taxas de ocupação da homogeneizadora. Foram utilizados os valores do fluxograma vertical (Figura 5) para representar o sistema real, e o resultado extraído da simulação do modelo.

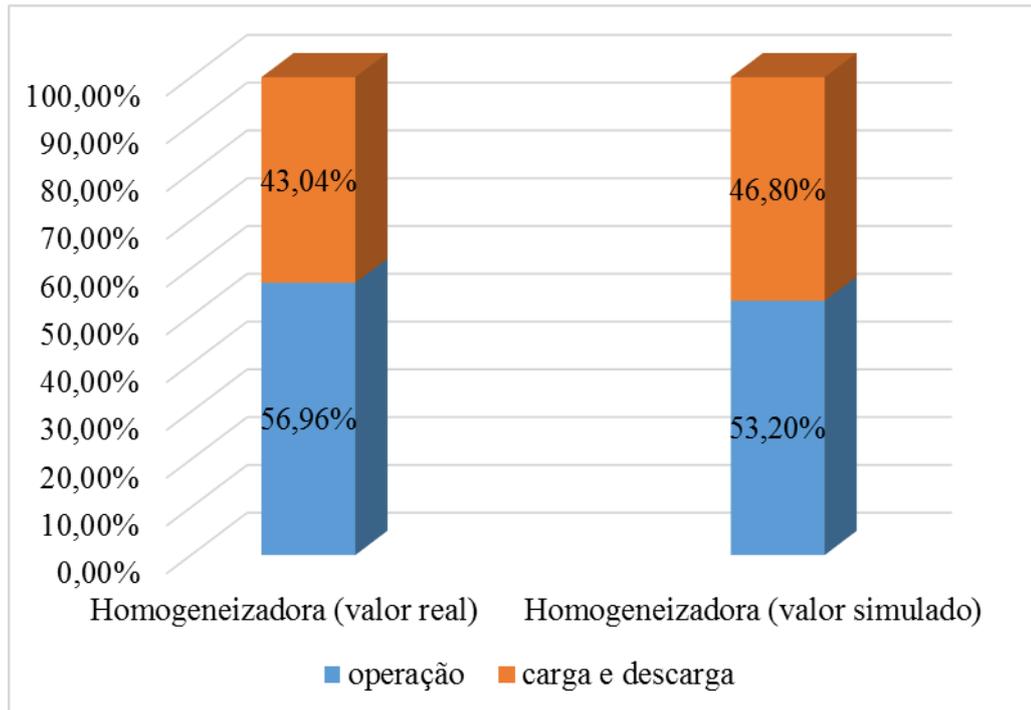


Gráfico 2 - Comparação entre a ocupação da homogeneizadora durante as operações de homogeneização, carga e descarga.

No sistema real, quando o estoque intermediário de tempero homogeneizado atinge doze caixas, o operário interrompe a produção até que este número caia para quatro. Os valores de mínimo e máximo dos estoques garantem que as seções de envase nunca parem por falta de material, e permitem que a homogeneizadora fique ociosa por um intervalo de tempo.

O Gráfico 3 mostra como o modelo é capaz de reproduzir esse comportamento do sistema real. Nele é possível observar que em todos os cenários, as seções de envase operam de forma plena, enquanto a homogeneizadora apresenta ociosidade.

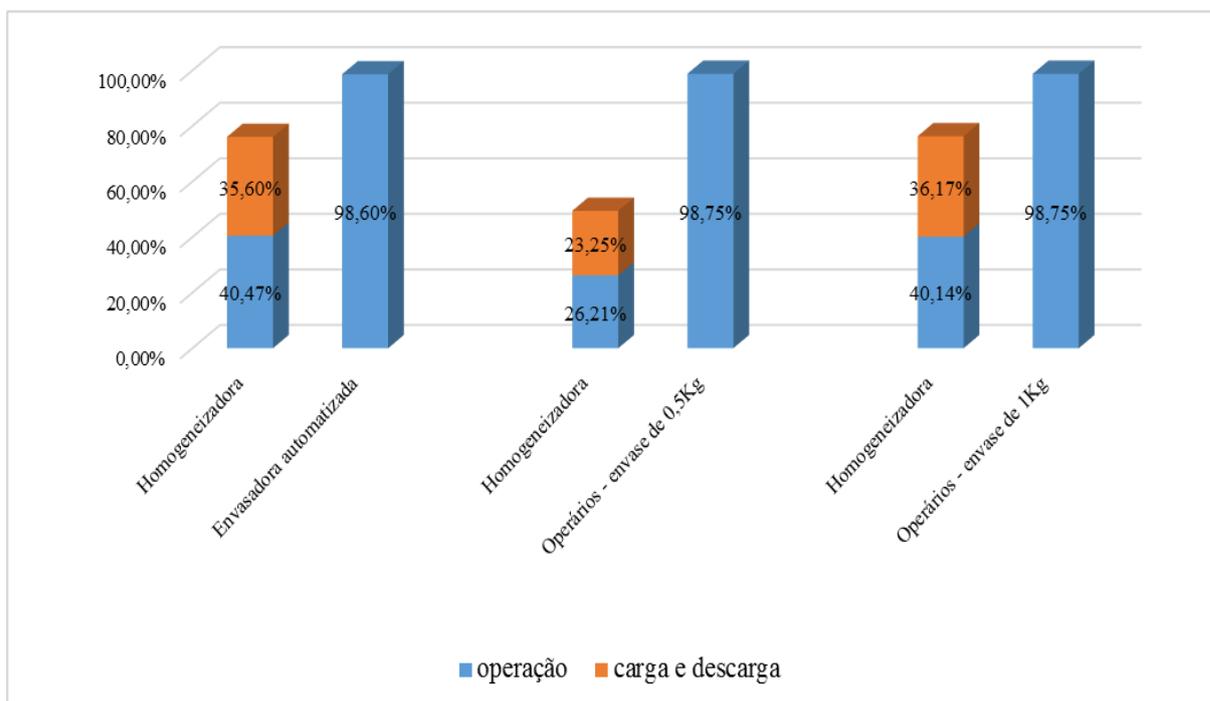


Gráfico 3 – Taxas de ocupação dos recursos de homogeneização e de envase, através da simulação de três cenários.

Face aos resultados obtidos e as análises realizadas, acredita-se que o modelo construído se mostrou válido para representar o sistema real na condução do presente trabalho.

6 ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das simulações de dois cenários onde as seções de envase manual e automatizado operam simultaneamente. Os resultados obtidos serão analisados e utilizados para validar a hipótese levantada.

6.1 Resultados dos cenários simulados

6.1.1 Cenário 1

Neste cenário, será analisado o comportamento do sistema com as seções de homogeneização de matérias primas, envase automatizado e manual com embalagens de 0,5 Kg, todos operando simultaneamente.

Os tempos das operações de carga e descarga serão gradativamente reduzidos. No início é considerado o tempo real das operações, e posteriormente serão realizados decréscimos de 10%, até o tempo de redução alcançar 90%.

Através do Gráfico 4, é possível visualizar a evolução da taxa de ocupação da homogeneizadora, considerando os estágios de operação, carga e descarga.

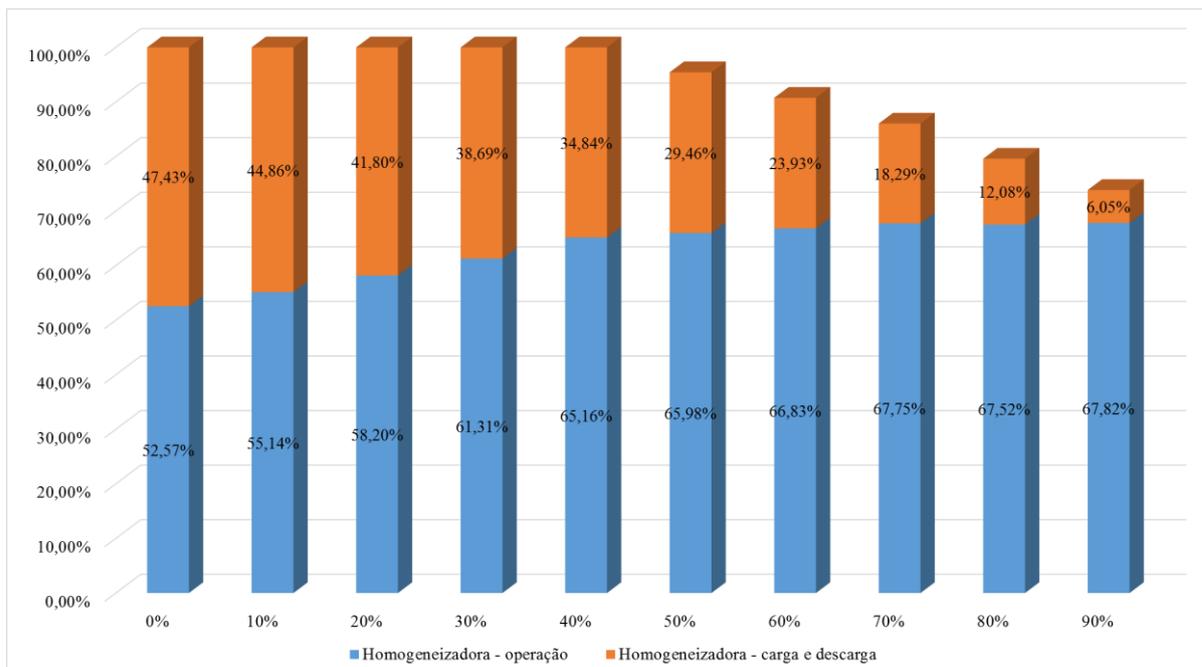


Gráfico 4 – Cenário 1: evolução da taxa de ocupação da homogeneizadora.

Nele, é possível constatar que reduzir o tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora acima da casa dos 40%, é suficiente para que a homogeneizadora produza o necessário para abastecer as duas seções de envase operando simultaneamente. Reduções maiores implicam em ociosidade do equipamento.

O Gráfico 5 mostra a evolução das taxas de ocupação dos recursos das seções de envase manual e automatizado.

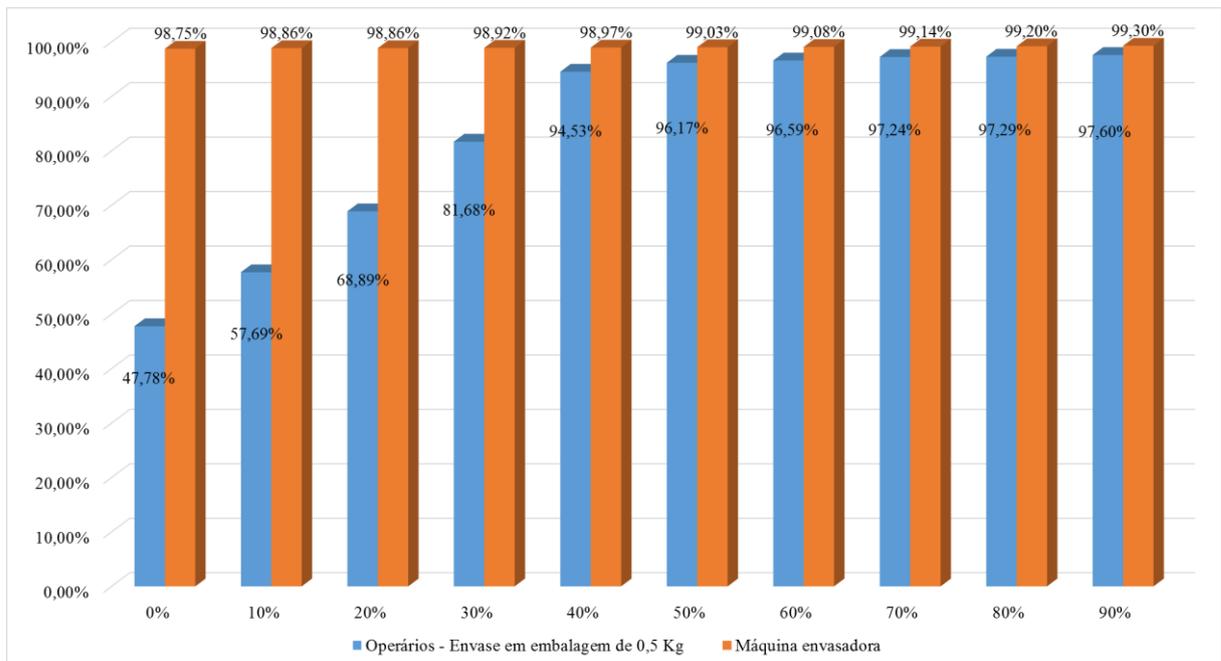


Gráfico 5 - Cenário 1: evolução das taxas de ocupação dos recursos da seção de envase manual e automatizado.

Através da análise do Gráfico 5, é possível constatar que reduzir os tempos das operações de carga e descarga da homogeneizadora na casa dos 40%, permite que as seções de envase manual e automatizado operem simultaneamente de forma plena.

É interessante ressaltar que a variação da taxa de ocupação só ocorre na seção de envase manual, devido à política adotada que garante a preferência da seção de envase automatizado receber material do estoque intermediário.

A evolução do volume de produção (caixas), das seções de homogeneização de matérias primas, e de envase manual, pode ser verificada através do Gráfico 6.

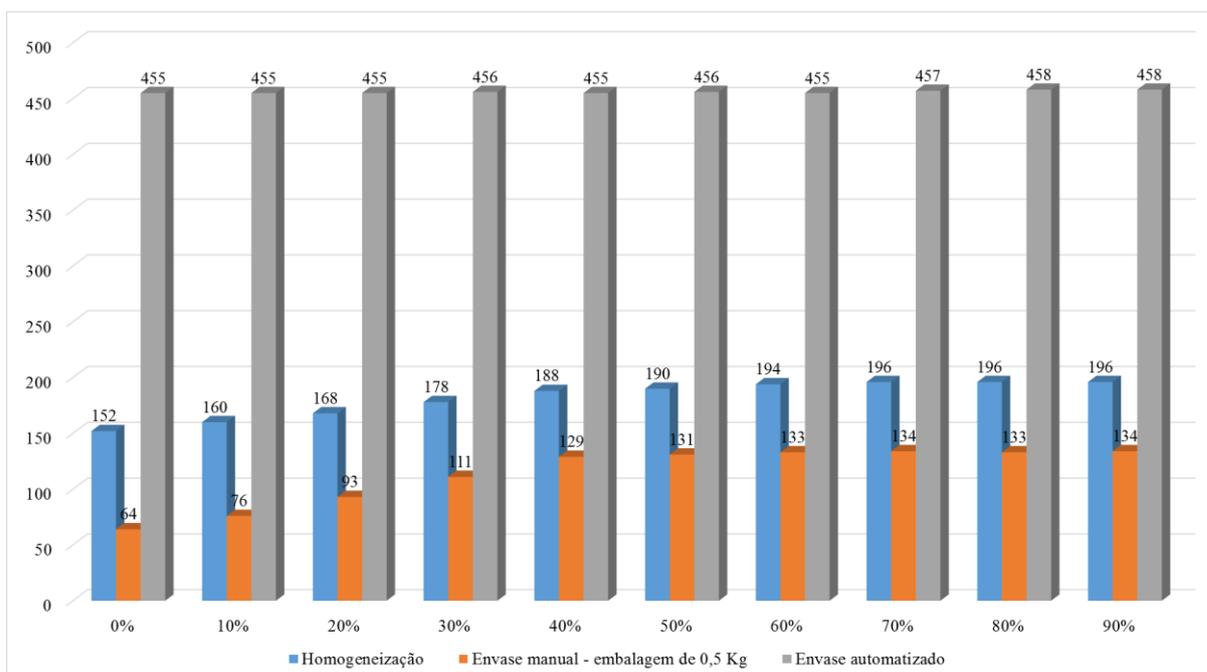


Gráfico 6 – Cenário 1: evolução do número de caixas produzidas.

Como era de se esperar, as seções de envase manual e de homogeneização de matérias primas, tiveram significativo ganho de produção com a redução do tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora, até alcançar a casa dos 40%.

Com a política proposta para que a seção de envase automatizado sempre tenha preferência para retirar material no estoque intermediário, a produção desta seção se manteve praticamente inalterada.

Neste cenário, simulações realizadas com menores intervalos de redução das operações de carga e descarga da homogeneizadora, indicam que o volume de produção para evoluir satisfatoriamente, quando é alcançado o valor de 46%. A partir daí, não há ganhos significativos.

6.1.2 Cenário 2

O cenário 2 possui a mesma proposta de análise do cenário 1. A única diferença fica por conta da embalagem utilizada pela seção de envase manual, que agora opera com embalagem de 1 Kg.

A taxa de ocupação da homogeneizadora pode ser conferida através do gráfico 4. Nele também são considerando os estágios de operação, carga e descarga.

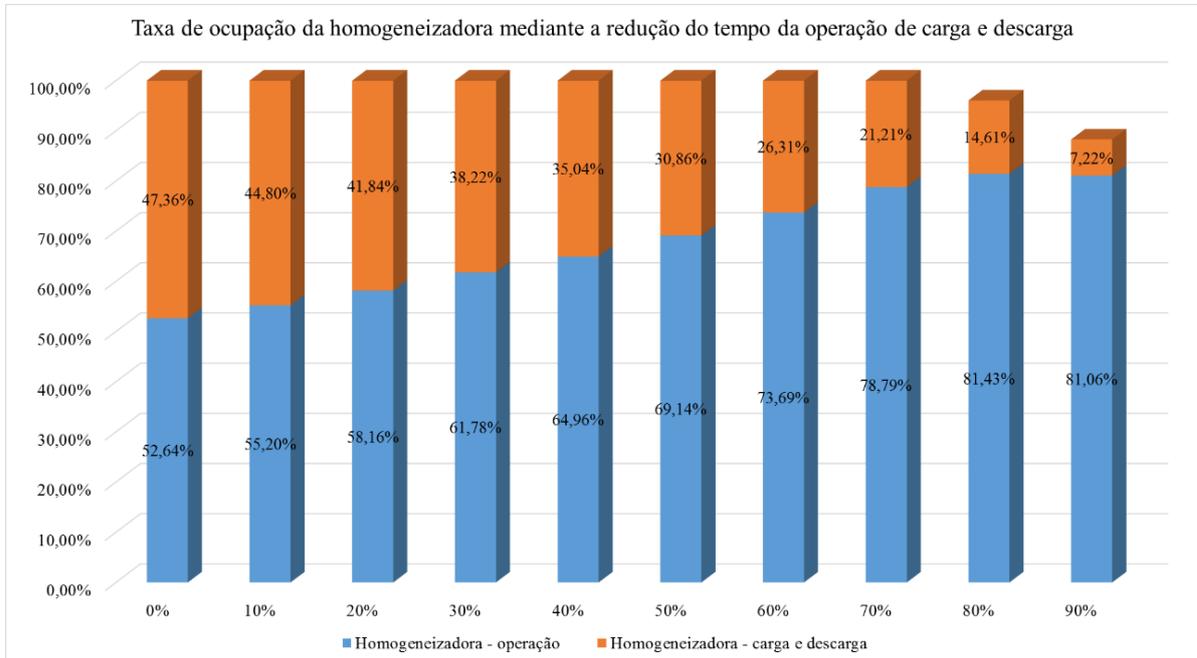


Gráfico 7 - Cenário 2: evolução da taxa de ocupação da homogeneizadora.

De acordo com o gráfico 7, é mais trabalhoso para a seção de homogeneização manter as duas seções de envase operando simultaneamente, quando a seção de envase manual opera com embalagens de 1 Kg. Neste cenário, a homogeneizadora só começa a apresentar ociosidade, quando a redução no tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora ultrapassa a casa dos 70%.

O gráfico 8 apresenta a evolução taxa de ocupação dos recursos das duas seções de envase.

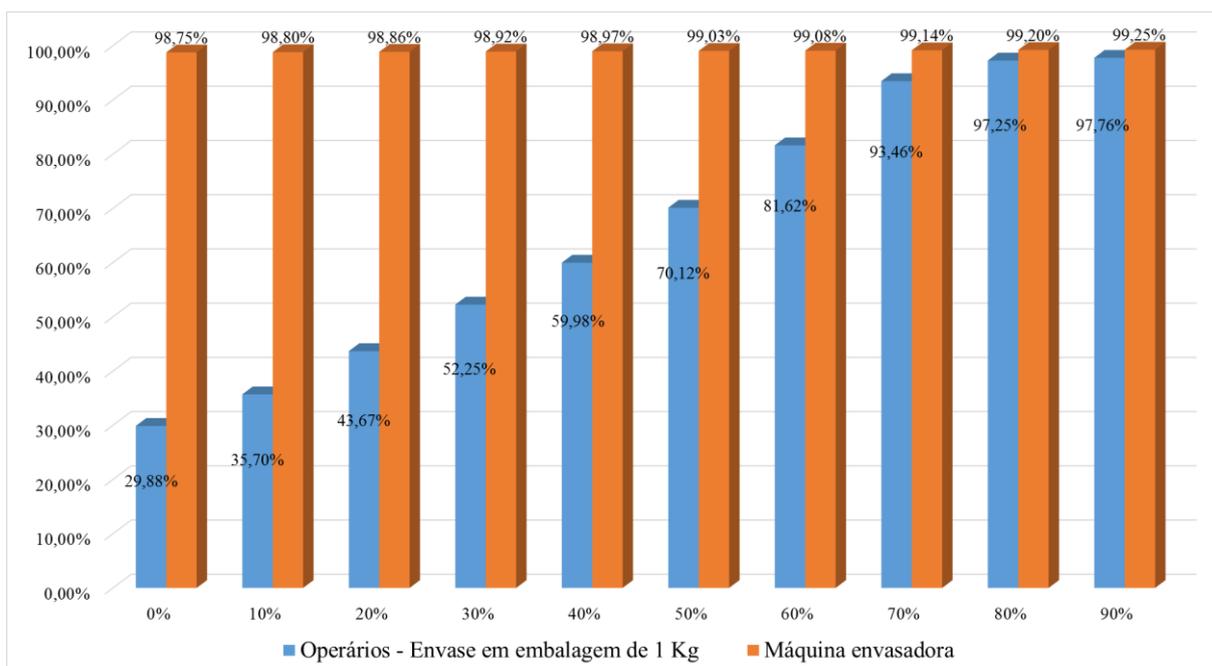


Gráfico 8 - Cenário 2: evolução das taxas de ocupação dos recursos da seção de envase manual e automatizado.

Ele confirma que a ocupação plena dos operários da seção de envase manual só acontece quando a redução do tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora alcança a casa dos 70%.

A taxa de ocupação da envasadora automatizada praticamente não se altera ao longo das reduções, devido ao mesmo motivo explicado no cenário 1.

Por fim, o gráfico 9 mostra a evolução do número de caixas produzidas pelas seções de homogeneização, de envase manual e automatizado.

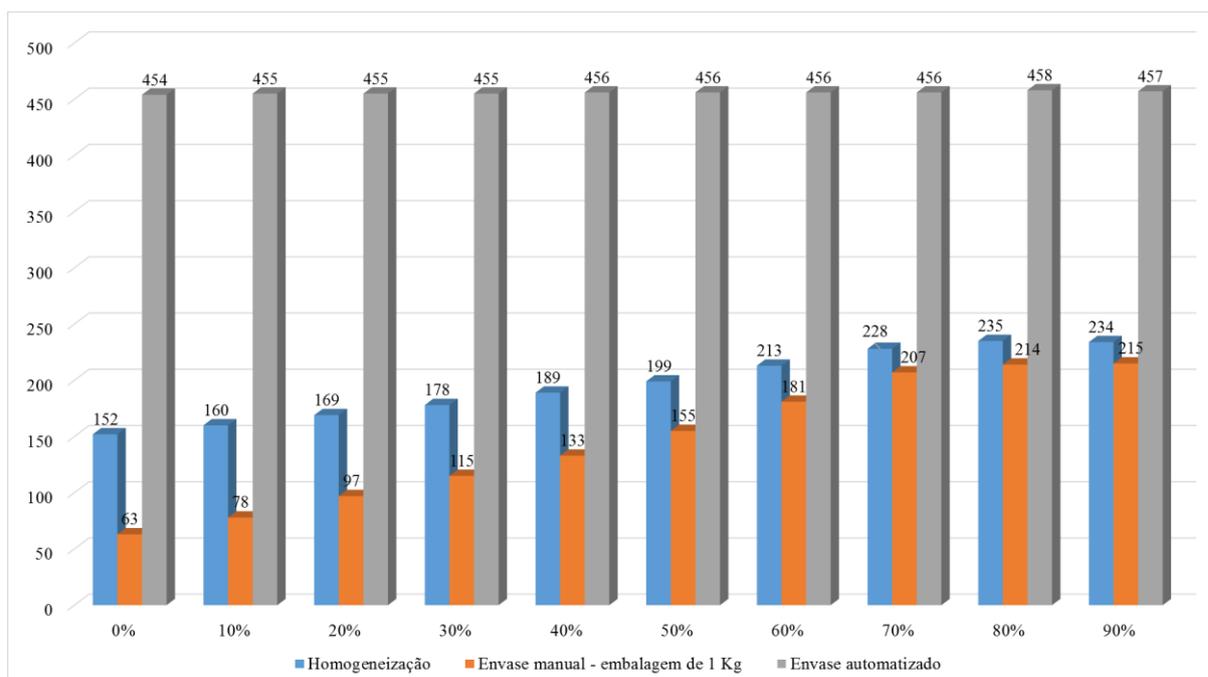


Gráfico 9 - Cenário 2: evolução do número de caixas produzidas.

Testes mais precisos também foram realizados para este cenário. Eles indicam que realizar reduções de até 76% impactam significativamente no aumento da produção do setor produtivo de temperos secos.

Para a seção de envase manual alcançar a capacidade máxima de produção neste cenário, é necessário que a redução na operação de carga e descarga da homogeneizadora seja bem maior do que no cenário 1.

O motivo da diferença é mais facilmente explicado com o auxílio da Tabela 5.

Cenário 1			Cenário 2		
Seção	Produção (cx)	Peso(Kg/cx)	Seção	Produção (cx)	Peso(Kg/cx)
Homogeneização	196	30	Homogeneização	235	30
Envase manual - 0,5 Kg	133	12	Envase manual - 1 Kg	214	12
Envase automatizado	458	7,2	Envase automatizado	458	7,2
Peso total envasado (Kg)		4893,6	Peso total envasado (Kg)		5865,6

Tabela 5 - Comparativo entre o volume de produção nos cenários 1 e 2.

A Tabela 5 mostra a comparação do volume produzido pelas seções de homogeneização, envase manual e automatizado nos dois cenários. Os dados foram extraídos considerando a redução do tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora em

80%, valor este que permite verificar a produção plena do setor de produção de temperos secos nos dois cenários.

Através dela, é possível verificar que peso total de tempero seco envasado no cenário 2 é 19,86% maior que no cenário 1. Isso explica o porquê a seção de homogeneização precisa ser mais produtiva no cenário 2.

6.2 A validação da hipótese lançada.

De acordo com os resultados obtidos através da simulação dos cenários 1 e 2, foi possível constatar que através da redução do tempo das operações de carga e descarga da homogeneizadora, é possível aumentar a capacidade produtiva na seção de homogeneização de matérias primas.

Apenas com o ganho de produtividade, é possível a seção de homogeneização de matérias primas abastecer as seções de envase manual e automatizado operando simultaneamente e de forma plena.

Face ao exposto, a hipótese lançada é considerada verdadeira.

Sabendo desta verdade, no próximo capítulo serão apresentadas soluções para reduzir o tempo da operação de carga e descarga da homogeneizadora.

7 PROPOSTAS PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE NA SEÇÃO DE HOMOGENEIZAÇÃO DO SISTEMA REAL

Neste capítulo, serão apresentadas soluções aplicáveis ao sistema real, a fim da seção de homogeneização de matérias primas ser capaz de abastecer as duas seções de envase operando simultaneamente, e de forma plena.

7.1 Análise do tempo demandado na realização das atividades que compõem as operações de carga e descarga da homogeneizadora

Para propor melhores soluções para o problema, optou-se por analisar novamente o Fluxograma vertical (Figura 5) e construir um Diagrama de Pareto, para identificar as atividades que demandam mais tempo.

De acordo com Allora, Oliveita & Sakamoto (2006), através do Diagrama de Pareto é possível visualizar as causas de um problema da maior para menor gravidade, e identificar de maneira clara, a localização das causas vitais da origem do problema.

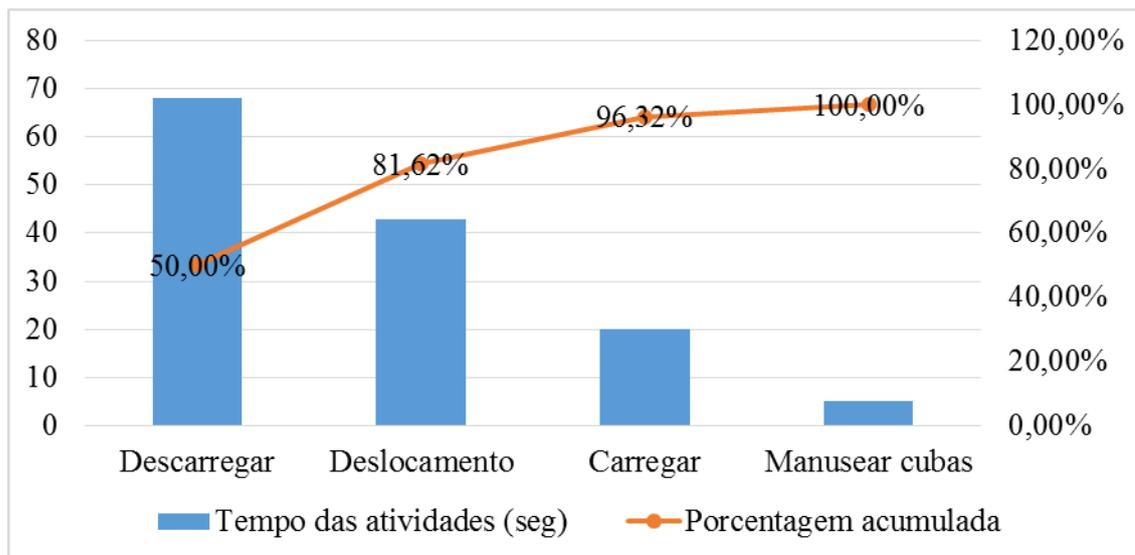


Figura 7 – Diagrama de Pareto: tempo demandado para executar as atividades que compõem a operação de carga da homogeneizadora.

De acordo com o Diagrama de Pareto construído, o operário utiliza a metade do tempo (50%) com a descarga manual da homogeneizadora e 31,62% com deslocamento, totalizando 81,62% do tempo total da operação.

Face aos dados expostos, entende-se que para aumentar a produtividade neste setor, é necessário encontrar soluções para reduzir o tempo de descarga da homogeneizadora, e minimizar a necessidade de deslocamento durante a operação.

7.2 Proposta para reduzir o tempo de descarga da homogeneizadora

Conforme constatado através do Diagrama de Pareto, descarregar a homogeneizadora é a atividade que mais demanda tempo na operação de carga e descarga da homogeneizadora.

No momento de descarga, o design da homogeneizadora permite que as cubas girem apenas 90° na horizontal (Figuras 3a e 8c). Este pequeno detalhe, cria a necessidade da intervenção do operário para retirar manualmente (Figura 3b) grande parte do tempero homogeneizado durante a descarga.

Assim, julga-se necessário alterar o design da homogeneizadora, a fim de eliminar a necessidade do operador retirar manualmente o tempero homogeneizado das cubas da homogeneizadora.

A Figura 8 compara o atual design da homogeneizadora, e o design proposto pelo autor.

O design proposto pelo autor (Figuras 8b e 8c), permite as caixas de PVC ficarem posicionadas em baixo da homogeneizadora. As cubas, ao girarem 180°, descarregam de uma só vez todo o tempero homogeneizado nas caixas de PVC.

Além de agilizar muito o processo de descarga da homogeneizadora, há também benefícios ergonômicos para o operário. No design proposto pelo autor, o operário não precisa se abaixar para realizar a descarga da homogeneizadora. As caixas de PVC ficam posicionadas sobre um carrinho adaptado, facilitando o transporte até o estoque intermediário.

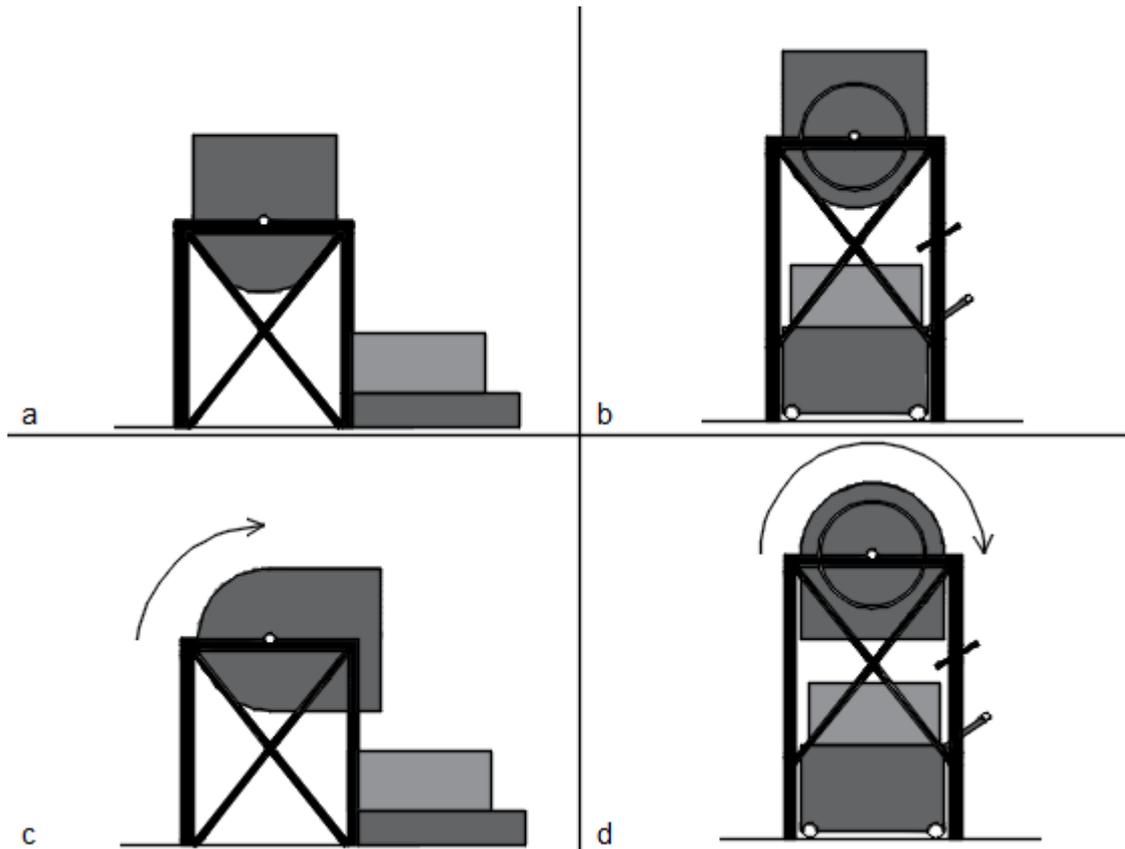


Figura 8 - Esboço comparativo entre o design real da homogeneizadora, e o proposto pelo autor.

7.3 Proposta para reduzir o tempo gasto com deslocamento

O deslocamento do operário, além de não agregar valor ao produto, é a segunda atividade que mais demanda tempo nas operações de carga e descarga da homogeneizadora.

Para Reid e Sanders (2001), o arranjo dos recursos em uma instalação pode afetar de forma significativa a produtividade de uma empresa. Para o autor, se o layout não tiver sido projetado adequadamente, poderá haver muita movimentação dos recursos, e essa movimentação, além de não acrescentar valor ao produto, contribui para o desperdício.

O atual layout em formato linear, contribui para o deslocamento desnecessário do operário entre as estações de trabalho, implicando em perda de produtividade, como mostra a figura 9a.

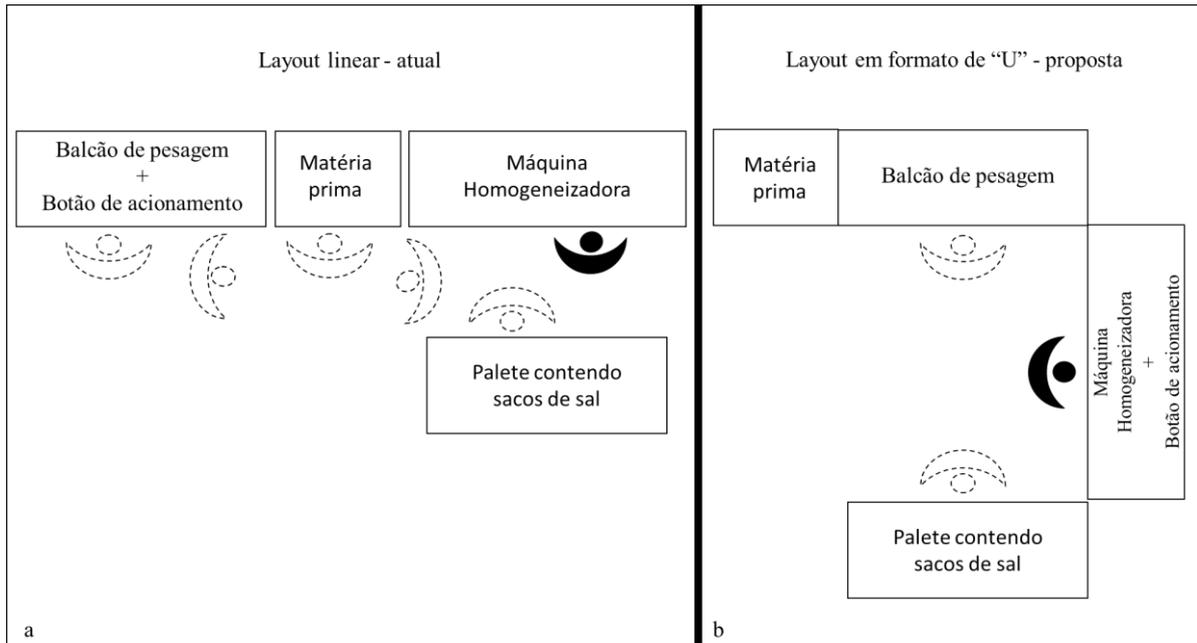


Figura 9 - Esboço comparativo entre layout linear e em formato de "U".

A proposta do autor é a alteração do layout para o formato em “U” (Figura 11b).

A aproximação do balcão de pesagem e do botão de acionamento da homogeneizadora minimiza a movimentação do operário, proporcionando ganho de tempo nas operações de carga e descarga.

Também é proposto usar um sinal sonoro para alertar o operário quando a homogeneizadora estiver finalizando o processo de homogeneização. Isto contribui para a homogeneizadora não ficar ociosa caso o operário se afaste do equipamento.

Infelizmente até o momento, as alterações não foram realizadas no sistema real para comprovar a eficácia das alterações. Mas acredita-se que elas sejam suficientes para melhorar muito a produtividade na seção de homogeneização de matérias primas, a ponto de permitir que as duas seções de envase operem simultaneamente, e de forma bastante satisfatória.

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho foi realizado em uma pequena empresa do setor alimentício fabricante de temperos. Para analisar e propor melhorias no sistema produtivo da mesma, foi desenvolvido um estudo envolvendo a aplicação de um modelo de Simulação Computacional através do software ARENA 14.0, versão estudante.

O setor responsável pela fabricação de temperos secos foi selecionado devido à sua limitada capacidade de produção, e à alta demanda dos produtos a ele atribuído.

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre PCP, Capacidade de Produção e Simulação Computacional, para além de esclarecer alguns conceitos utilizados no trabalho, destacar a importância da simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisões no ambiente empresarial.

O modelo foi construído e simulado de acordo com as características essenciais do sistema real, a fim de encontrar uma forma de ampliar a capacidade produtiva do setor de temperos secos.

Embora o setor de produção de temperos secos possua duas sessões destinadas ao envase, as mesmas são utilizadas individualmente devido a incapacidade da mesma em fornecer material para ambas simultaneamente.

A análise dos resultados das simulações, apontou que a homogeneizadora de matérias primas é o recurso gargalo do sistema produtivo, indicando ser possível aumentar sua produtividade consideravelmente reduzindo-se o tempo das operações de carga e descarga. Ainda, de acordo com os resultados, é possível que as seções de envase manual e automatizado operem de forma plena, apenas com o aumento da produtividade na seção de homogeneização de matérias primas.

Ao analisar as tarefas realizadas durante as operações de carga e descarga da homogeneizadora, foi identificado que mais de 80% do tempo é gasto com deslocamento do operário e descarga da máquina. Para contornar essa situação, o autor propôs alterar o layout da seção de homogeneização de matérias primas para o formato em “U”, a fim de minimizar o deslocamento do operário. O autor também propôs mudanças no design da homogeneizadora, para agilizar o processo de descarga da mesma.

Acredita-se que se as soluções propostas forem aplicadas no sistema real, o setor de produção de tempero secos poderá operar com as seções de envase manual e automatizado simultaneamente, com índices de produtividade bastante satisfatório.

O aumento da capacidade produtiva de temperos secos, possibilitará à Empresa X, a torna-se mais competitiva no mercado. Além de disponibilizar esses produtos em maior volume e por preços inferiores, proporcionados pela melhoria da eficiência dos processos produtivos, ela também poderá terceirizar a capacidade produtiva do setor de temperos secos para outras marcas.

A realização deste estudo, possibilitou constatar que a simulação computacional é uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisões em um ambiente industrial.

Mesmo com as limitações da versão estudante, o software ARENA foi capaz de simular o sistema real com suas principais particularidades. Todos os cenários propostos foram processados com agilidade em um simples computador portátil.

Modelar um sistema real é uma tarefa desafiadora. Entender o funcionamento do sistema, identificar aquilo que é relevante para construir o modelo, e traduzir esse “mix” de informações para a linguagem de programação do ARENA e apurar todas as entradas e saídas de dados estatísticos, demanda tempo, dedicação e muita paciência.

Por fim, realizar este trabalho foi uma experiência de suma importância para consolidar os conhecimentos obtidos através da interdisciplinaridade oferecida pelo curso de Engenharia de Produção, principalmente aos relacionados à Simulação Computacional de Eventos Discretos.

8.1 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros sugere-se:

1. Análise dos setores de produção de molhos e envase de molhos, e de envase de especiarias;
2. Analisar as políticas utilizadas para comprar e estocar de matérias primas;
3. Análise Ergonômica do Trabalho nos três setores produtivos da empresa;
4. Análise dos critérios utilizados para compra de equipamentos pela empresa, haja visto que a mesma se encontra em ascensão e constantes aquisições estão sendo realizadas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLORA, Valerio; OLIVEIRA, S. E.; SAKAMOTO, F. T. C. Utilização conjunta do modelo UP' com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação: um estudo na agroindústria de abate de frango. Disponível em <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v2/Diagrama%20de%20pareto.pdf>. Acesso em 29/09/2015.

BORGES, Rafael Ximenes. **Um estudo sobre vantagens e deficiências em uma empresa do setor atacadista e outra de varejo, que utilizam as modalidades de comércio eletrônico B2B e B2C, com o suporte de sistemas logísticos.** 2007. Monografia - (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

D'ASCENÇÃO, Luiz Carlos M. **Organização, Sistemas e Métodos: análise, redesenho e informatização de processos administrativos.** São Paulo: Editora Atlas, 2001.

FREITAS FILHO, P.J.F.; **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas.** 8 ed, Florianópolis: Editora Visual Books, 2008.

KLEN, A. M. **A Utilização da Simulação em Gestão Hospitalar: Aplicação de um Modelo Computacional em um Centro de Imobilizações Ortopédicas.** 2007. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

KRAJEWSKI, L. J; RITZMAN, L; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações.** 8 ed, p.154, São Paulo: Editora Pearson, 2009.

LUTOSA, Leandro; MESQUITA, M. A.; OLIVEIRA, R. J.; QUELHAS, Osvaldo. **Planejamento e Controle da Produção.** Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.

MARCHI, K. R. C.; Nascimento, R. L. Uma Abordagem Sobre Testes Automatizado de Softwares em Ambientes de Desenvolvimento. Disponível em <http://web.unipar.br/~seinpar/2013/artigos/Robson%20Luis%20do%20Nascimento.pdf>.

Acesso em 31/09/2015.

MENEGHELLI, Leocádio. O Ambiente das Organizações na Era da Globalização. Disponível em <http://www.posuniasselvi.com.br/artigos/rev01-03.pdf>. Acesso em 01/09/2015.

MIGUEL, P. A. C.; **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. São Paulo: Editora Elsevier, 2010.

MUNHA, Valter. Simulação do setor de SEDEX – Correios Minas Gerais. Palestra proferida na Innovation 1999, São Paulo. Disponível em http://www.belge.com.br/IndLog_correios_Port.php. Acesso em 01/09/2015.

PARAGON TECNOLOGIA LTDA. Disponível em <http://www.paragon.com.br/software/arena/>. Acesso em 20/08/2015.

PRADO, D. **Usando o Arena em Simulação**. 4 ed, Belo Horizonte: Editora Falconi, 2010.

REID, R. D.; SANDERS, N.R. **Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2 ed, São Paulo: Editora Atlas, 2000.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 2 ed, p. 103, São Paulo: Editora Atlas, 2009.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C.F; LUCIO, P.B. **Metodologia de Pesquisa**; 2 ed, São Paulo: Editora McGraw-Hill, 2006.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert; BETTS, Alan.
Gerenciamento de Operações e de Processos. Princípios e prática de impacto estratégico.
Tradução de Sandra Oliveira. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.