

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS  
INDUSTRIAIS – MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CONTROLE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS  
INDUSTRIAIS

Marlon Beise

**Automação Industrial Aliada à Produção Enxuta: Caminhos Para Melhoria e  
Otimização de Processos**

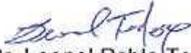
Santa Cruz do Sul

2016

Marlon Beise

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL ALIADA A PRODUÇÃO ENXUTA: CAMINHOS PARA  
MELHORIA E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – Mestrado – Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

  
Dr. Leonel Pablo Tedesco  
Professor Orientador

  
Dr. Rolf Fredi Melz  
Professor Coorientador

  
Dra. Liane Mählmann Kipper  
Examinador - UNISC

  
Dr. Eugênio de Oliveira Simonetto  
Examinador - UFSM

## Resumo

Esta pesquisa objetivou aliar a produção enxuta com a automação de processo, de modo a melhorar e otimizar processos produtivos. A produção enxuta e sua metodologia de identificação e eliminação de desperdícios, aliada com a tecnologia da automação, torna possível a proposição e simulação de melhorias em um determinado processo. A presente pesquisa foi aplicada no setor de classificação e preparação de tabaco para beneficiamento e preparação para fabricação de cigarros de uma empresa do setor, localizada em Santa Cruz do Sul/RS. Inicialmente pesquisou-se o processo atual para poder conhecê-lo e mapeá-lo, para posteriormente poder identificar desperdícios, utilizando as técnicas da produção enxuta e também como resolve-los com a automação de processo. Com o modelo atual e o modelo customizado mapeados, iniciaram-se as simulações de ambos, que resultou em um aumento de produtividade em torno de 15% no processo de recebimento e preparação do tabaco. Com base nesses dados foi possível destacar a eliminação de desperdícios com a automação de processo. Adicionalmente, verificou-se a importância do uso da simulação para validar e ou testar as consequências produzidas por alterações no processo produtivo, o que pode proporcionar um projeto final com custos mais reduzidos.

**Palavras-Chaves:** Produção Enxuta, Automação de Processo, Simulação de Processo.

## **ABSTRACT**

This research aimed to combine lean production with process automation in order to improve and optimize production processes. The lean production and its methodology of identification and elimination of wastes, combined with the technology of automation, makes possible the proposition and simulation of improvements in a certain process. The present research was applied in the classification and preparation of tobacco for processing and preparation for the manufacture of cigarettes of a company of the sector, located in Santa Cruz do Sul / RS. Initially the current process was researched to be able to know and map it, to later be able to identify wastes, using lean production techniques and also how to solve them with process automation. With the current model and the customized model mapped, the simulations of both were initiated, which resulted in a productivity increase of around 15% in the process of receiving and preparing the tobacco. Based on these data it was possible to highlight the elimination of waste with the process automation. Additionally, it was verified the importance of using the simulation to validate and or test the consequences produced by changes in the production process, which can provide a final project with lower costs.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Process Automation, Process Simulation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casa do Sistema de Produção Enxuta.....	16
Figura 2. Poka Yoke.....	17
Figura 3. Níveis funcionais da estruturação hierárquica de um sistema de automação.....	22
Figura 4. Visão geral da estruturação hierárquica dos sistemas de automação e seus equipamentos. ....	23
Figura 5. Esquema do desenvolvimento da pesquisa .....	30
Figura 6. Subprocesso de classificação do fardo. ....	33
Figura 7. Subprocesso de direcionamento do fardo.....	34
Figura 8. Pesagem da Gaiola.....	34
Figura 9. Simulação do processo atual. ....	36
Figura 10. Simulação do processo atual. ....	37
Figura 11. Simulação do processo atual. ....	38
Figura 12. Simulação do novo processo .....	38
Figura 13. Relatório simulação processo antigo.....	39
Figura 14. Relatório simulação processo novo.....	39

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Resultado estudo bibliográfico. ....	12
Tabela 2. Classificação da pesquisa científica .....	29
Tabela 3. Causas e tempos de paradas.....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS

STP	Sistema Toyota de Produção
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
ERP	Entreprise Resource Planning
MES	Manufacturing Execution System
LIMS	Laboratory Information Management System
AM	Asset Management
CLP	Controladores Lógicos Programáveis
JIT	Just In Time
TPM	Total Productive Maintenance
VSM	Value Stream Mapping

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 INDICADORES DE PARADA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	14
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 PRODUÇÃO ENXUTA .....	15
<b>2.1.1 Just In Time</b> .....	16
<b>2.1.2 Jidoka</b> .....	17
<b>2.1.3 Kaizen</b> .....	18
<b>2.1.4 Princípios da Produção Enxuta</b> .....	18
2.3 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	21
2.4. MAPEAMENTO DE PROCESSO .....	24
2.5. SIMULAÇÃO DE PROCESSO.....	26
2.6. TRABALHOS RELACIONADOS.....	27
<b>2.6.1. O Impacto dos métodos e ferramentas Lean no desempenho operacional de fabricação nas organizações</b> .....	27
<b>2.6.2. Simulação Modelagem Prática e Teórica</b> .....	28
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	30
<b>4. MODELAGEM DO PROCESSO</b> .....	<b>32</b>
4.1 ESTUDO DE CASO.....	32
4.2. O PROCESSO.....	32
4.3. MELHORIA DO PROCESSO .....	35
4.4. SIMULAÇÃO.....	37
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 50, “ser enxuto” passou a ser uma tendência nas empresas em todo o mundo. A competitividade imposta pela nova ordem econômica tem pressionado, desde então, as organizações a se tornarem mais eficientes e eficazes (ELIAS *et al.*, 2003). A produção enxuta surgiu no Japão em 1950 por meio de estudos realizados por dois engenheiros, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno. Após uma visita a Ford, nos Estados Unidos, onde era utilizado o sistema de produção em massa, chegou-se à conclusão que copiar ou melhorar o sistema da Ford era inviável, sendo necessário criar um novo sistema de produção ().

A partir daí criou-se o Sistema de Produção Enxuta também conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP) (ELIAS *et al.*, 2003). Esta filosofia de trabalho, inicialmente posta em prática na manufatura japonesa no período pós-guerra, encontra-se hoje difundida em vários setores da economia. O termo *produção enxuta* é a denominação dada ao sistema Toyota de produção, primeiramente implantado na empresa *Toyota Motor Company*, quando esse sistema foi transposto para empresas do mundo ocidental (SILVA, 2006).

O Sistema de Produção ou Manufatura Enxuta (*Lean Production* ou *Lean Manufacturing*) além de ser capaz de diversificar os produtos e produzir quantidades menores, defende prioritariamente os seguintes princípios: a eliminação de desperdícios e a fabricação com qualidade (WOMACK,1996). Desta forma, este sistema tem despertado grande interesse de empresas do setor industrial, que, em função da forte concorrência, buscam de toda forma obter ganhos em competitividade.

A aplicação da filosofia da Produção Enxuta contribui efetivamente para a melhoria de competitividade das indústrias, pois tem como benefícios, por exemplo, o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, otimização da matéria-prima, dos insumos e outros recursos. Tais fatores possuem importância relevante frente a necessidade da busca contínua da excelência empresarial no mundo atual (ELIAS *et al.*, 2003).

Por outro lado, a automação de processo pode ser entendida como qualquer sistema que, baseado ou não em computadores, substitua o trabalho

humano, de forma a potencializar a capacidade de realização de trabalho humano através deste sistema (YAMAGUCHI, 2006).

A utilização da automação, segundo Moraes e Castrucci, contribui na área produtiva em relação a possibilidade de redução de custo, flexibilidade no atendimento da produção, redução dos volumes, tamanhos e custos dos equipamentos, reestabelecimento mais rápido do sistema produtivo, redução da área de fabricação e realização de tarefas impossíveis ou agressivas ao homem (YAMAGUCHI,2006).

Analisando-se esse contexto, a presente pesquisa objetiva mapear o processo de recebimento de tabaco de uma empresa, para que seja possível identificar seus gargalos. Conseqüentemente, procura-se aqui eliminar as atividades sem valor agregado no processo produtivo. Para isso, será utilizado o conceito de mapeamento *do fluxo de valor do processo*, que ajudará a identificar esses desperdícios. Para solucionar problemas envolvendo desperdício e ter um processo mais estável, novas tecnologias e softwares serão agregados ao processo, para que se tenha uma automação do processo em estudo.

Observa-se também que o cenário da indústria de tabaco, de uma maneira geral, está cada vez mais visado pelos órgãos governamentais, no que diz respeito a questões como normatizações, segurança, controle de qualidade, impacto na saúde, entre outros. Os investimentos que devem ser realizados para adequação às diversas exigências acabam por impactar na falta de mão de obra especializada e adequação dos processos às normas atuais de segurança do trabalho, elevando assim o custo dos processos.

Para se adaptar a este ambiente competitivo, empresas de diversos setores, como construção civil e logística, estão seguindo os passos da indústria automobilística, utilizando o conceito e técnicas de STP. Esse sistema de produção tem como objetivo capacitar as organizações para responder com rapidez às constantes flutuações do mercado através do alcance efetivo das principais dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação. A teoria que sustenta o STP baseia-se na priorização das melhorias na função processo via eliminação contínua e sistemática das perdas nos sistemas produtivos (SHINGO, 1996).

Utilizando o conceito e técnica da Produção Enxuta e agregando e desenvolvendo novas tecnologias para o processo, objetiva-se diminuir ou, até mesmo eliminar desperdícios em todo o processo de recebimento e preparação do estoque de tabaco.

Sob o ponto de vista da relevância acadêmica no levantamento bibliográfico inicial foi constatado que os estudos na área de Produção Enxuta estão em evolução, se for considerado o número de publicações por ano. No entanto, em pesquisas utilizando a palavra-chave “Lean Manufacturing” ” em conjunto com as palavras-chave “Industrial Process”, “Process Automation”, “Business Automation”, foi constatada a escassez de trabalhos científicos publicados nos últimos anos (entre os anos de 2010 e 2015). Esta lacuna justifica, academicamente, a realização da pesquisa, em uma área que tem potencial para exploração. A Tabela 1 relaciona os anos aos números de artigos encontrados neste estudo bibliográfico realizado na base de dados *Web of Science*.

<b>Assuntos</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Lean Manufacturing	49	87	102	105	105
Industrial Process	4082	4508	4775	5544	5898
Process Automation	466	467	526	544	605
Business Automation	1740	1917	1977	2185	2192
Lean Manufacturing X Industrial Process	3	3	8	8	11
Lean Manufacturing X Process Automation	1	1	1	1	4
Lean Manufacturing X Business Performance	4	10	6	-	-

**Tabela 1. Resultado do estudo bibliográfico.**

O desenvolvimento da pesquisa baseia-se no início do processo industrial do tabaco, momento em que é realizada a classificação e separação interna adequada conforme exigência dos clientes.

### 1.1 A produção do Tabaco

O objetivo dessa seção é explicar todo o processo de classificação do tabaco, desde o plantio até a separação industrial, para entendermos algumas nomenclaturas e palavras que serão utilizadas no decorrer do trabalho.

O processo todo inicia-se lá no campo, quando o produtor recebe as sementes para dar início ao cultivo. Essas sementes são distribuídas em bandejas e elas são colocadas em canteiros. Com o passar do tempo, essas sementes, elas germinam e dá-se início a muda que recebe um cuidado todo especial até atingir o ponto ideal para o plantio.



Figura 1- Canteiro de tabaco - Sistema float

Após a realização do plantio o pé de tabaco recebe novamente uma série de cuidados e tratamentos, como adubagem, limpeza, retirada da flor e aplicação de alguns produtos químicos para controle de pragas e brotes.



Figura 2- Plantio do tabaco



Figura 3- Colheita do tabaco

Alguns dias depois inicia-se a colheita das folhas, sempre iniciando a retirada pela parte inferior do pé. Essas folhas são colocadas em estufas, onde é realizada a cura desse tabaco. A cura consiste em secar a folhas, esse processo é lento e pode levar até sete dias para se atingir a secagem total da folha.



Figura 4- Cura da folha na estufa

Com a secagem pronta essas folhas passam para o galpão de armazenagem do produtor, elas ficam empilhadas durante alguns dias para que a folha atinja a cor adequada. Após essa cura no galpão, as folhas são separadas uma a uma conforme sua cor e tamanho. Com as folhas já separadas, elas são agrupadas e amaradas, formando-se manocas.



Figura 5 - Separação das folhas

Essas manocas são agrupadas e colocadas em caixas para serem prensadas e assim, formando um fardo, que posteriormente será enviado para a empresa.



Figura 6 - Manoca e Fardo

Esses fardos são recolhidos por um transportador parceiro da empresa, esse recolhimento ocorre em vários produtores, formando uma carga de tabaco.



Figura 7- Tabaco no Caminhão - Carga de Tabaco

Essa carga chega na empresa, conforme agendamento prévio, e inicia-se então o processo industrial do tabaco.

Esses fardos são descarregados e colocados em uma esteira que os leva a primeira etapa do processo que corresponde a compra, nessa etapa é definida uma classe de compra, que é utilizada para o pagamento ao produtor, também é realizada a negociação entre o produtor e o classificador, e após o consenso entre as partes, as informações são registradas no sistema cooperativo da empresa.

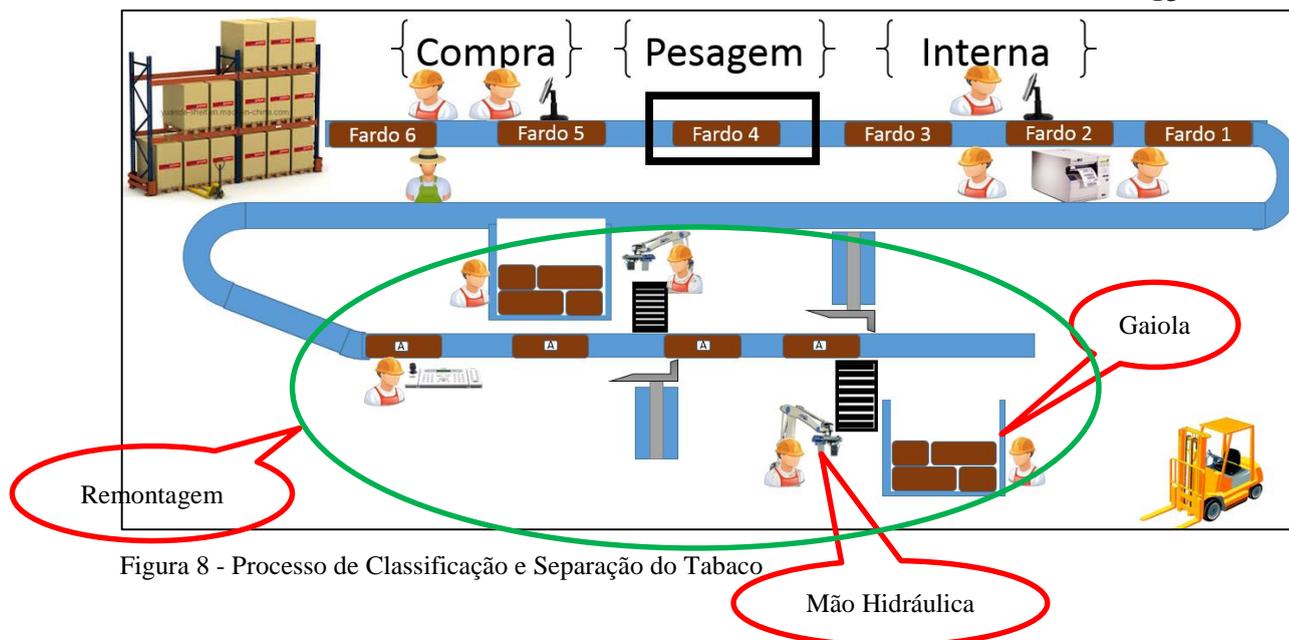


Figura 8 - Processo de Classificação e Separação do Tabaco

Seguindo o fluxo do processo, a etapa seguinte é a pesagem do fardo, essa pesagem ocorre em movimento, com o peso e a classe do fardo chega-se então, ao valor que deve ser pago ao produtor.

A próxima etapa é a classificação interna, a classe interna é mais específica do que a classe de compra, utilizada para separação do tabaco para o cliente do processo e nesse momento é impressa uma etiqueta com uma letra que será utilizado na etapa seguinte.

Chegando-se na etapa seguinte, remontagem, os fardos são agrupados pela classe interna e colocados em gaiolas. A primeira pessoa dessa etapa olha a letra que consta na etiqueta interna e pressiona o botão, na mesa de controle, correspondente a mão hidráulica. Essa parte do processo possui um sistema de automação que controla essa fila de fardos e seu direcionamento, chegando-se ao fim do processo de classificação industrial do tabaco.

## 1.2 Origem da Pesquisa

A empresa iniciou alguns anos atrás o desenvolvimento de um novo software que é utilizado para gerenciar as informações industriais da empresa. Com esse novo desenvolvimento, do qual fiz parte, uma das metas era desenhar todo o processo e identificar melhorias no que englobasse desenvolvimento de sistemas.

O sistema foi desenvolvido e iniciou-se a implantação do mesmo, com novas tecnologias envolvidas e melhorias na forma de trabalho, mas no decorrer dessa implantação foi detectado uma falha no processo que não foi possível resolver simplesmente com o desenvolvimento de sistema.

O problema ocorre na etapa da compra, quando a pessoa que ali está operando, esquece de ler um fardo e esse segue seu fluxo até a pesagem e esse peso, do fardo não lido, é registrado para o fardo logo atrás que já está registrado no sistema. Gerando assim a troca de peso de todos os fardos nessa linha de pesagem, prejudicando assim a empresa ou o produtor, na figura 9 podemos visualizar essa ideia.

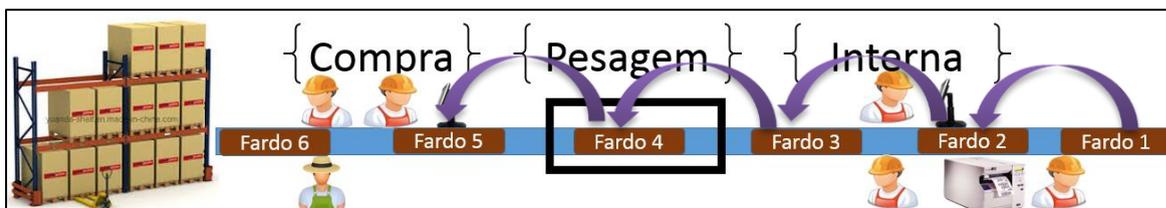


Figura 9 – Troca de Peso dos Fardos

Esse problema pode ser identificado na etapa da interna quando é novamente lido o código de barras do fardo, o sistema informa que o fardo não foi registrado, mas se o operador não estiver atento e simplesmente der continuidade, todos os fardos ficarão com o peso trocado e também com a classe interna trocada, bagunçando toda a separação.

Com esse grave problema identificado, surgiu a ideia da pesquisa. Como resolver esse problema? Como deixar esse processo mais enxuto e automático?

Essas perguntas foram levadas ao curso de sistemas e processos industriais da universidade da cidade, onde surgia a ideia de pesquisar sobre produção enxuta e automação de processo.

### 1.3 Produção Enxuta e Automação de Processo

Segundo OHNO 1997, o marco do início da produção enxuta foi a busca pela eliminação de desperdícios. Essa busca aumentou a produtividade, melhorando a taxa de trabalho, adicionando desta forma valor e consequente diminuição do trabalho desnecessário.

E Segundo YAMAGUCHI 2006, automatizar significa inserir no sistema, componentes que possam controlar o andamento do processo através de uma programação pré-definida, reduzindo o esforço ou a interferência humana direta.

Essas duas definições se encaixam perfeitamente no problema que era necessário resolver no processo em análise. Partiu-se então para a identificação

dos desperdícios nesse processo, onde identificou-se vários como mostra a figura 10.

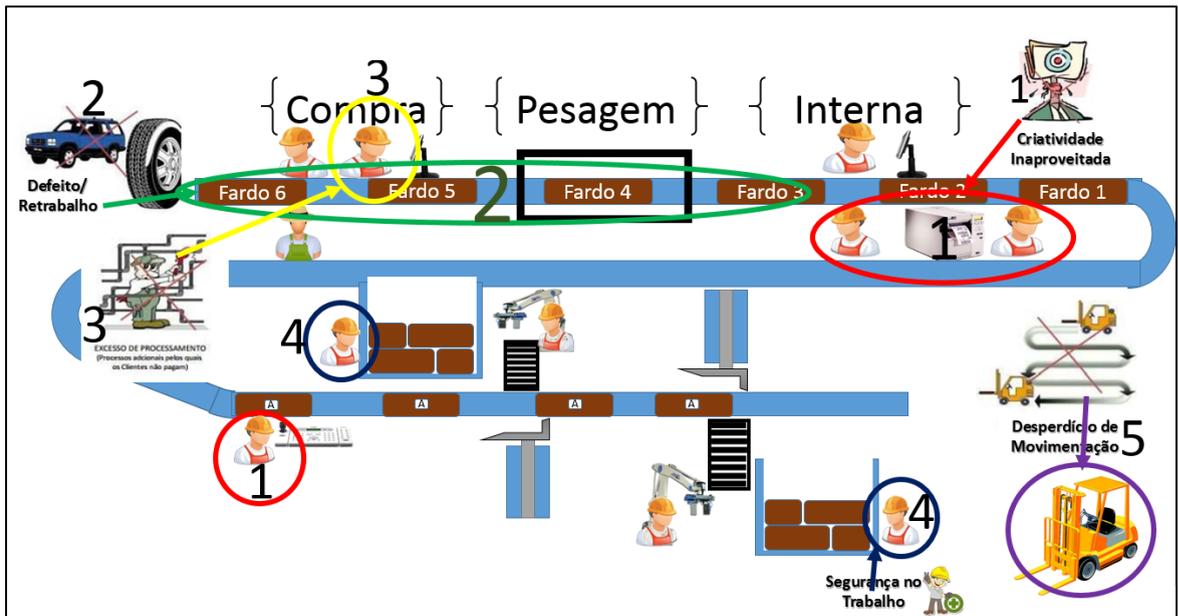


Figura 10: Identificação dos desperdícios no processo.

Nesse processo foram encontrados os seguintes desperdícios:

- **Criatividade inaproveitada:** Funcionários que fazem trabalho repetitivo, mecânico sem nenhum envolvimento,
- **Defeito / Retrabalho:** No início do processo, na etapa da compra onde a pessoa que ocupa esse posto esquece de ler um fardo e todos os fardos devem ser excluídos e o processo para,
- **Excesso de Processamento:** O colaborador da compra que registra o fardo,
- **Desperdícios de Movimentos:** No momento em que uma gaiola está cheia de fardos, uma empilhadeira a retira do local e a leva para um setor onde será realizado a pesagem e registro dos fardos vinculando-os a gaiola e depois ela é posicionada em um local definido pelo processo cliente.
- **Segurança no Trabalho:** Outra questão de grande importância no processo é a questão da segurança no trabalho, principalmente dos trabalhadores que retiram as etiquetas dos fardos e trabalham ao lado da mão hidráulica.

Com os desperdícios identificados ainda não conseguimos resolver os problemas do processo, e como seria possível resolvê-los? É nessa etapa que envolvemos a filosofia da automação de processo, ela vem para resolver os problemas identificados pela produção enxuta, e essa junção é que dá sentido à

nossa pesquisa. Analisando o processo são identificados facilmente os desperdícios existentes como mostra a Figura 10.

As definições acima representam bem as possíveis soluções que a pesquisa necessita, pois com a automatização do processo elimina-se os desperdícios. Portanto faz-se necessário a

O presente trabalho aborda o contexto de uma empresa do setor do tabaco, localizada em Santa Cruz do Sul - RS. O estudo realizado se aplica, de uma maneira geral, a qualquer empresa, uma vez que todas possuem algum tipo de desperdícios ocasionado por interferência humana no processo.

## **1.2 OBJETIVOS**

Neste contexto, o objetivo principal deste estudo foi aliar a filosofia da Produção Enxuta com a automação de processos, reorganizando o processo de recebimento e preparação de tabaco.

Para atender ao objetivo geral são aqui propostos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão teórica de artigos relacionados ao tema da presente pesquisa,
- Mapear o estado atual do processo de recebimento de tabaco para conhecer todas as atividades nele envolvidas,
- Utilizar a técnica Lean para identificar desperdícios existentes no processo para identificar as perdas, visualizar redes de processos,
- Identificar os gargalos e os desperdícios, propondo um novo fluxo para o processo, incorporando novas tecnologias e softwares que possam auxiliar na eliminação dessas atividades que não geram valor.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O referencial teórico aqui apresentado trata de conceitos relacionados à Produção Enxuta, iniciando-se com uma pequena retrospectiva histórica e chegando-se até as suas ferramentas, as quais serão abordadas e utilizadas neste trabalho, e também da automação de processo e quais tecnologias serão utilizadas.

### 2.1 Produção Enxuta

No ano de 1950, o Japão estava com as fábricas destruídas devido à segunda guerra mundial. O presidente da Toyota, Eiji Toyoda e o engenheiro Taiichi Onho foram levados aos Estados Unidos, onde visitaram a empresa Ford e, analisaram e estudaram o modelo de produção para entender porque a produtividade dos operários americanos era maior (OHNO, 1997).

Ohno(1997) diz que o objetivo dos japoneses nesta fase de pós-guerra, era chegar ao patamar industrial dos Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviveria. Ainda, a diferença de produtividade entre Japão e Estados Unidos só poderia ser justificada pela existência de perdas no sistema de produção. Para melhorar a produtividade, a Toyota definiu como seus principais objetivos: a redução de custos; lotes de fabricação pequenos; aumento de produtividade; e melhoria de qualidade.

O marco do início do Sistema Toyota de Produção foi a busca pela eliminação de desperdícios. Essa busca aumentou a produtividade, melhorando a taxa de trabalho, adicionando desta forma valor e conseqüente diminuição do trabalho desnecessário. Adicionalmente, o trabalho pode ser dividido, entre o que adiciona valor ao processo e o que não adiciona valor. (OHNO, 1997; GHINATO, 1996)

A Produção Enxuta está fundamentada sobre dois pilares, o *Just-in-time*(JIT) e *Jidoka*, como podem ser vistos na figura 1.

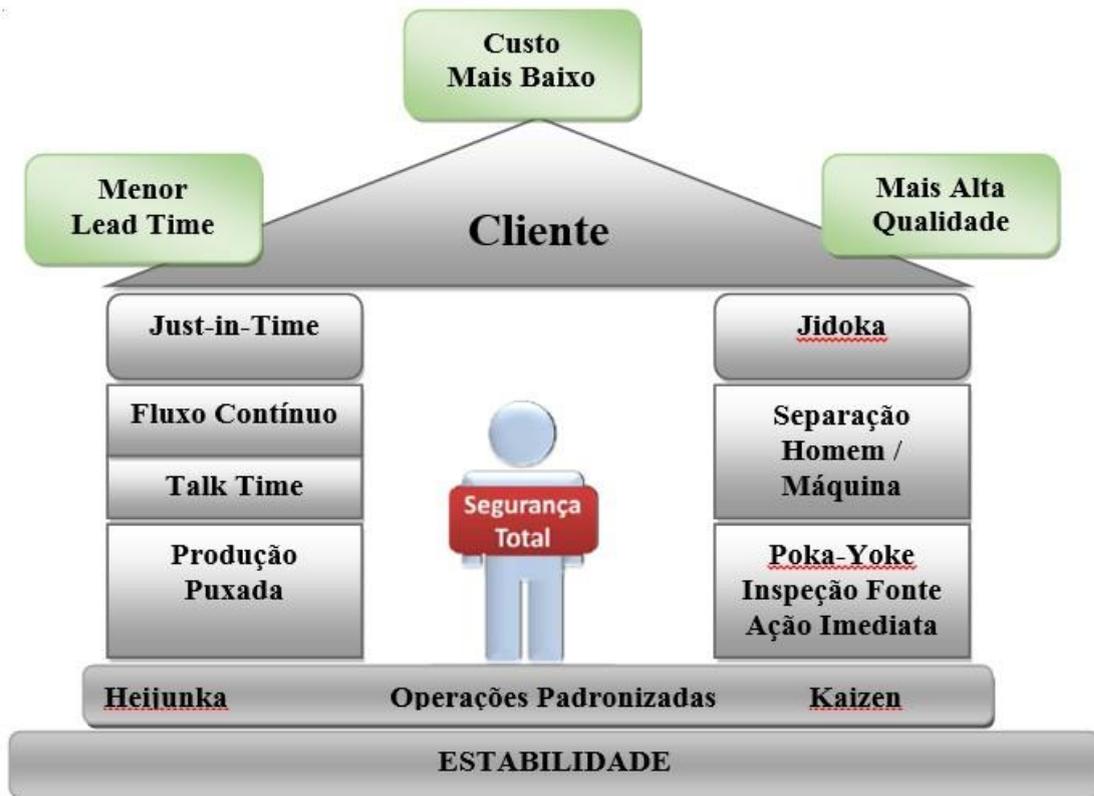


Figura 1. Casa do Sistema de Produção Enxuta  
 Fonte: Adaptado de SILVA (2010, p.34)

O sistema é representado por uma casa, pois ela é um sistema estrutural. Esse sistema só é forte se todas as suas conexões, telhado, bases e pilares, também forem fortes. O telhado representa as metas que devem ser seguidas, melhor qualidade, menor custo e lead time mais curto. Existem dois pilares, o Just in Time (JIT) e o Jidoka. No alicerce da casa está o Heijunka, Trabalho Padronizado, Kaizen e Estabilidade (SILVA 2010).

### 2.1.1 Just In Time

O método *Just in Time* tem como objetivo reduzir ao máximo os estoques usados para proteger a produção. Este pilar está relacionado com a entrega das peças no exato momento em que serão utilizadas e na quantidade correta. Para isso, é necessário que a produção seja baseada em um fluxo unitário, devendo a quantidade produzida estar de acordo com o *takt time* (ritmo de consumo pelo cliente) da empresa e a produção seja controlada pela lógica da puxada (LINKER, 2005).

## 2.1.2 Jidoka

O *Jidoka* tem suas raízes no período pré-guerra. Toyoda, fundador do grupo Toyota, inventou o conceito de *Jidoka* no início do século XX, ao incorporar um dispositivo de parada automática em seus teares, o qual interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. O objetivo era separar a atividade do homem da atividade da máquina, possibilitando que um mesmo operador trabalhasse em diversas máquinas ao mesmo tempo (LIKER, 2005).

### 2.1.2.1 Poka Yoke

Segundo SHINGO (1996), o *Poka Yoke*, também conhecido pela expressão *à prova de erros*, é uma abordagem sistemática para eliminar qualquer possibilidade de erro. Os 13 defeitos podem ser detectados antes que realmente aconteçam ou depois que o produto foi processado. De qualquer forma, o mais importante nessa abordagem é que o erro seja identificado antes que um problema decorrente seja propagado até o cliente final.



Figura 2. Poka Yoke

Fonte: Manual de Treinamento do *Lean Manufacturing* – Becton Dickinson 2006.

Os dois pilares da Produção Enxuta têm, por sua vez, como fundamentação o *Heijunka* (nivelamento da produção), o trabalho padronizado, o *Kaizen* (melhoria contínua) e a Estabilidade.

### **2.1.3 Kaizen**

Nos anos 50, os japoneses retomaram as ideias da administração clássica de Taylor e, a partir das críticas construídas encima dessa teoria, criaram o conceito de Kaizen, que significa aprimoramento *contínuo*. Essa prática visa o bem não somente da empresa como também de seus colaboradores. As empresas buscam a organização e obtenção de melhores resultados. Partindo do princípio de que o tempo é o melhor indicador isolado de competitividade, as empresas atuam de forma ampla para reconhecer e eliminar os desperdícios, os quais podem ocorrer em processos produtivos já existentes ou em fase de projeto, produtos novos, manutenção de máquinas ou, ainda, em processos administrativos.

De acordo com o método *Kaizen*, é sempre possível fazer melhor, e nenhum dia de trabalho deve passar sem que alguma melhoria tenha sido implantada, seja ela na estrutura da empresa ou no indivíduo. Sua metodologia traz resultados concretos, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente, em um curto espaço de tempo e a um baixo custo, apoiados na sinergia gerada por uma equipe reunida para alcançar metas estabelecidas pela direção da empresa (DIAS, 2006).

Os elementos chave do Kaizen são: qualidade, esforço, participação de todos os empregados e comunicação. Para implementar tal filosofia, a organização deve possuir um profundo conhecimento de seus processos. A própria palavra denota o significado dessa filosofia: "kai" em japonês significa mudança e "zen" para melhor.

### **2.1.4 Princípios da Produção Enxuta**

Womack e Jones (1996) apresentam cinco princípios básicos da Produção Enxuta:

- Determinar o que é **valor** sob o ponto de vista do cliente: identificar o que agrega valor para o cliente,
- Identificar o **fluxo de valor**: identificar toda a sequência das operações e atividades que agregam e que não agregam valor no processo produtivo,
- Implantar **fluxo contínuo**: pela análise da cadeia de valor deve-se implantar fluxo contínuo que é a melhor maneira de reduzir a maioria dos desperdícios,
- Estabelecer a **lógica puxada de produção** onde não for possível implantar o fluxo contínuo: em alguns casos não é possível implantar fluxo, deve-se estabelecer a lógica puxada, ou seja, produzir somente o que é necessário e quando for solicitado,
- Buscar **perfeição**: a melhoria contínua deve ser sempre o objetivo da empresa, sempre que o nível satisfatório for alcançado deve-se evoluir em busca de melhorias,
- **Atividades que agregam valor**: são atividades que para o cliente final agregam valor ao produto ou serviço, ou seja, o cliente final está interessado em pagar por essas atividades,
- **Atividades desnecessárias que não agregam valor**: são atividades que para o cliente final não agregam valor ao produto ou serviço, ou seja, o cliente final não está interessado em pagar por essa atividade e elas não são necessárias. Essas atividades caracterizam os desperdícios e devem ser eliminadas no curto prazo,
- **Atividades necessárias que não agregam valor**: são atividades que para o cliente final não agregam valor ao produto ou serviço, mas são necessárias, ou seja, o cliente final não está interessado em pagar por essas atividades, mas nas circunstâncias atuais elas são necessárias ao processo produtivo. Essas atividades caracterizam os desperdícios que devem ser reduzidos ao máximo no curto prazo e eliminados no longo prazo.

Hines e Taylor (2000) ainda complementam sua teoria com a relação entre atividades que agregam e que não agregam valor nas empresas que não implementaram a mentalidade enxuta;

- 5% são atividades que agregam valor;
- 60% são atividades que não agregam valor e são desnecessárias;
- 35% são atividades que não agregam valor e são necessárias;

Ohno (1997) classifica os desperdícios, que devem ser eliminados, gerados pelas atividades que não agregam valor em oito categorias:

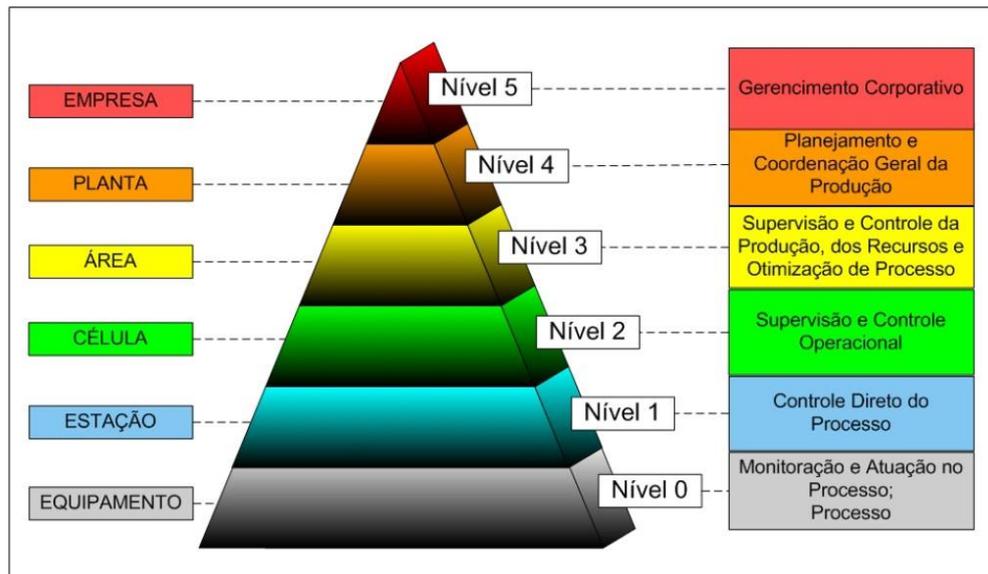
- **Superprodução:** esse desperdício é caracterizado por produzir muito ou mais cedo do que a necessidade do cliente,
- **Espera:** esse desperdício pode ser gerado por operadores, máquinas e peças. É caracterizado por operadores olhando as máquinas trabalharem, esperando peças ou componentes: máquinas paradas por faltas de peças e por peças esperando para serem processadas,
- **Transporte:** desperdício gerado pela movimentação por longas distâncias de peças, componentes, matéria-prima ou produtos acabados dentro da fábrica ou entre fábricas,
- **Processamento inadequado:** desperdício caracterizado por processos desnecessários ou ineficientes para produzir as peças, devido ao projeto ou utilização de ferramentas inadequadas. Pode gerar perda de produtividade e defeitos,
- **Estoque:** é resultado da superprodução e gera consequências graves para a empresa, como aumento do *lead time*, aumento de área necessária de armazenagem, aumento de recursos para gerenciamento dos estoques,
- **Movimentação:** diferentemente do desperdício de transporte, esse desperdício está ligado à movimentação dos operadores, sendo caracterizado por qualquer movimento inútil,
- **Defeitos:** desperdício gerado por peças defeituosas, sendo refugos (peças perdidas) ou retrabalhos (peças que necessitam ser processadas novamente para serem aproveitadas),
- **Desperdício de criatividade dos funcionários:** Perda de tempo, ideias e oportunidades de melhorias devido ao não envolvimento dos funcionários nos processos de melhoria.

### **2.3 Sistemas de Automação Industrial**

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII, foi certamente um dos movimentos responsáveis pela origem do que hoje é conhecido como automação. Tal revolução caracterizou-se basicamente pela introdução de máquinas simples, que substituíram a força muscular por energia mecânica (SILVEIRA, 2010). Desta forma, automatizar significa inserir no sistema componentes que possam controlar o andamento do processo através de uma programação pré-definida, reduzindo o esforço ou a interferência humana direta (YAMAGUCHI,2006).

O sucesso no desenvolvimento e implantação de um sistema de automação industrial depende principalmente de estruturação coerente, de análise detalhada do sistema e da integração eficaz dos seus principais componentes. A verificação das condições técnicas para a viabilidade da integração dos equipamentos principais deve ser realizada nas fases de especificação e desenvolvimento do projeto, considerando aspectos importantes como compatibilidade, integração e sincronização (YAMAGUCHI,2006).

Para permitir uma melhor visualização e entendimento dos sistemas de automação, a figura 3 apresenta a pirâmide de automação, que é dividida em cinco níveis, que vão desde o chão de fábrica até o nível corporativo (negócios) da empresa (YAMAGUCHI,2006).



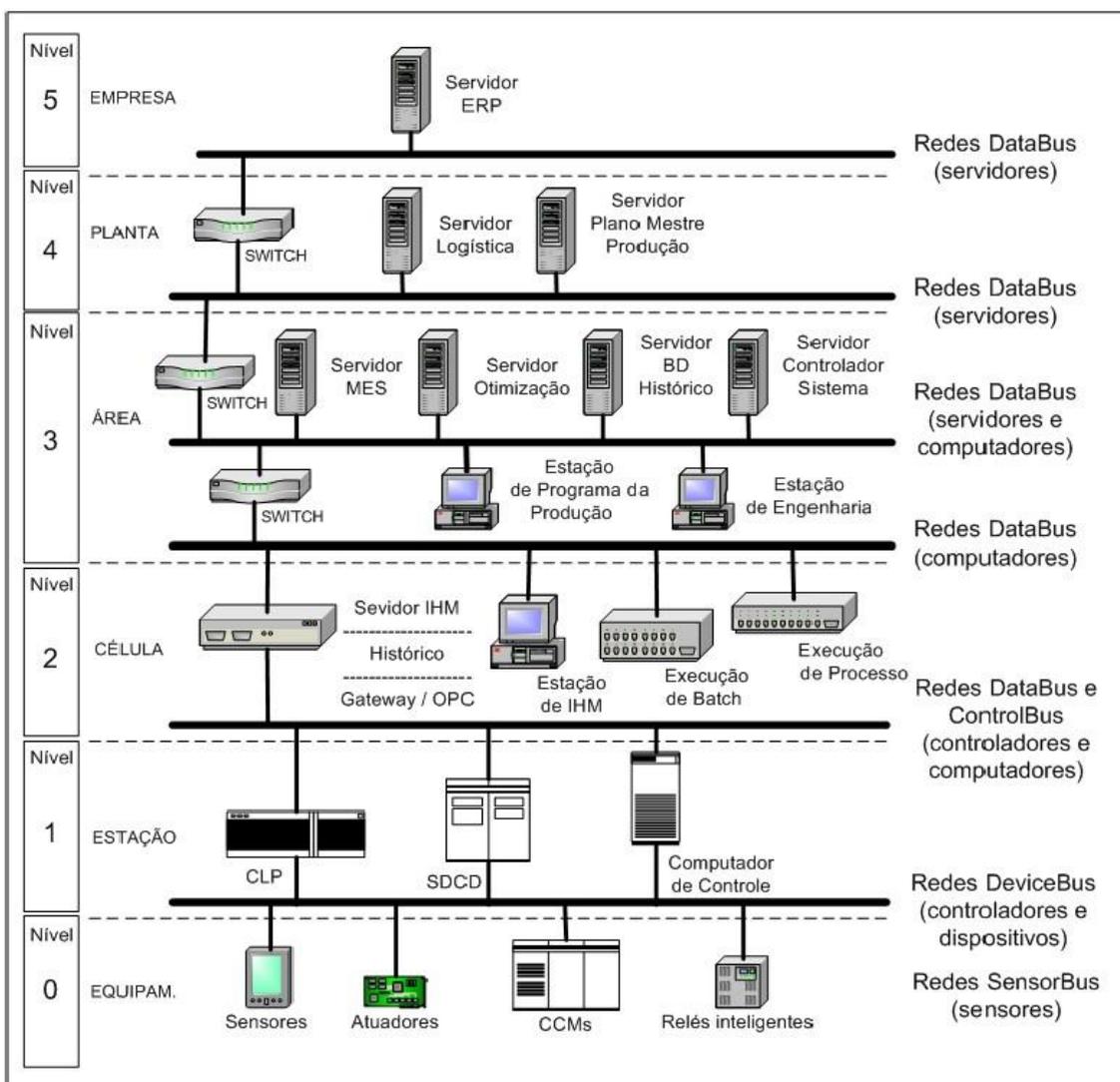
**Figura 3. Níveis funcionais da estruturação hierárquica de um sistema de automação**  
 Fonte: YAMAGUCHI (2006, p.23)

Cada nível hierárquico possui seu escopo de controle, com responsabilidade específica, conforma descrito a seguir:

- **Nível 5** – Gerenciamento corporativo através de sistemas como ERP (*Enterprise Resource Planning*) para gerenciamento de corporação,
- **Nível 4** – Planejamento da produção global da empresa através de sistemas corporativos de gerenciamento da produção com a função de planejar e programar a produção total,
- **Nível 3** – Supervisão e controle da produção, dos recursos e otimização de processo através de sistemas como MES (*Manufacturing Execution System*), LIMS (*Laboratory Information Management System*), AM (*Asset Management*) com a função de coordenar a produção, suportar as atividades produtivas e cuidar da obtenção e alocação de recursos para as atividades produtivas,
- **Nível 2** – Coordenação de múltiplas máquinas e operações através de sistemas de supervisão e controle, com a função de supervisionar e controlar as atividades produtivas e serviços de suporte à produção no chão de fábrica,
- **Nível 1** – Comando de máquina, sequências e equipamentos através de controladores numéricos, CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e controladores de processo,

- **Nível 0** – Ativação de sequências e movimentos através de equipamentos, dispositivos, máquinas e atuadores diretos com a função de executar os comandos para os equipamentos de chão de fábrica (atuação direta no processo).

Para cada nível hierárquico da pirâmide da automação são utilizados determinados tipos de equipamentos conforme apresentado na Figura 4.



**Figura 4.** Visão geral da estruturação hierárquica dos sistemas de automação e seus equipamentos. Fonte: YAMAGUCHI (2006, p.36)

De acordo com Yamaguchi (2006) em um sistema de automação há os seguintes equipamentos:

- **Computadores** – são os equipamentos responsáveis pela execução de funções em diferentes níveis da pirâmide de automação. As principais funções estão relacionadas às atividades de gerenciamento, otimização, armazenamento de dados, monitoração e controle geral dos processos,
- **Controladores** – executam os programas de monitoração e controle direto dos processos,
- **Módulos de entradas e saídas, de comunicação e especiais** – são as interfaces entre dispositivos de campo e os controladores,
- **Dispositivos de aquisição de dados do campo** – são as interfaces de leitura das variáveis de campo do processo,
- **Dispositivos de atuação no campo** – são as interfaces de controle das variáveis de campo do processo,
- **Redes industriais de comunicação** – permitem a troca de dados entre os equipamentos e os dispositivos do sistema de automação.

#### 2.4. Mapeamento de Processo

O uso da modelagem constitui para os gestores de processo uma importante ferramenta para embasar a tomada de decisão. Identificar o número de variáveis a serem inseridas no modelo e definir qual grau de robustez e complexidade que o modelo deve ter são questões cujas respostas não são simples. Sendo assim, o uso de modelo torna-se essencial para que o gestor possa testar alternativas e tomar a decisão mais precisa. Para que os modelos possibilitem a tomada de decisão, é necessária que a etapa da modelagem seja executada da melhor forma possível.

Uma das primeiras definições afirmam simplesmente que modelo é “uma representação da realidade” (Ackoff e Sansieni, 1968). Pitt (2001) critica essa visão por afirmar que ela é demasiadamente simplista, tendo em vista que ignora o motivo pela qual o modelo está sendo construído. Se o modelador não tiver em mente que o modelo precisa atingir objetivos, ele poderá permanecer para sempre modelando sabendo que está deixando partes da realidade de fora, a ao final, concluir que a modelagem de nada serviu. O mesmo autor apresenta uma definição mais completa de modelo: “*Modelo é uma representação da realidade projetado para algum propósito definido*”.

A definição acima ainda está incompleta, pois, não contextualiza a modelagem dentro das ciências administrativas. Sendo assim, o autor gera uma terceira definição: *“Modelo é uma representação da realidade que é planejada para ser usada por alguém no entendimento, mudança, gerenciamento e controle desta realidade”*.

É importante também ressaltar que um modelo nunca será igual a realidade, pois caso contrário, teríamos duas realidades e não um modelo. A partir desta premissa o autor gera uma nova definição: *“Um modelo é uma representação de parte da realidade vista pelas pessoas que desejam usá-lo para entender, mudar, gerenciar e controlar aquela parte da realidade”* (Pidd, 2001).

Por fim, o autor propõe um último refinamento. O modelo envolve a percepção de que muitos de nós movimentamos a vida com um conjunto de considerações que formam nosso arranjo mental. Isto nos leva a portar modelos mentais informais do nosso mundo. No entanto, estes modelos, mentais não cabem para um modelo de tomada de decisão gerenciais. O que interessa é que estes modelos sejam explícitos e externos. Com isso gera-se uma nova definição: *“Um modelo é uma representação externa explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”* (Pidd, 2001).

Modelos de processos de negócios representam segundo Davenport (1993) uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, e entradas, e saídas claramente identificadas: uma estrutura para a ação. O modelo de processo é uma abstração das atividades de trabalho que acontecem na organização, contento o fluxo dessas atividades com as decisões, os responsáveis e os demais recursos utilizados.

A modelagem pode ser usada para um melhor entendimento e representação uniforme da empresa, suporte ao projeto de novas partes da organização ou até para apoiar o controle e monitoramento das operações da empresa (Vernadat, 1996).

Segundo Paim (2002), os modelos de processos da organização podem ser aplicados para: (i) redesenho de processos; (ii) análise e melhorias de processos; (iii) sistemas integrados de gestão; (iv) projeto de sistemas de informação; (v) identificação, seleção e monitoração de indicadores de desempenho; (vi) análises organizacionais; (vii) gerencia do conhecimento;

(viii) workflow e gerência de documentos; (ix) organização de documentação técnica; (x) benchmarking; (xi) integração organizacional através da uniformização de entendimentos sobre a forma de trabalho; e (xii) modelos de negócios eletrônicos e cadeia de suprimentos.

## **2.5. Simulação de Processo**

Saliby (1999) afirma que a simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e assim propor melhores formas de operá-lo.

No mundo atual, a simulação se tornou uma ferramenta muito poderosa para planejamento, projeto e controle de sistemas. Não mais renegada ao posto de último recurso, hoje ela é vista como uma metodologia indispensável de solução de problemas para engenheiros, projetistas e gerentes. A sua utilização possibilita uma melhor visualização e entendimento do sistema real (Pai et al., 2004).

Segundo Prado (2004), ao defender certos tipos de estudos de planejamento, é comum deparar-se com problemas de dimensionamento ou fluxo cuja solução é aparentemente complexa. Tal cenário pode ser uma fábrica, o trânsito de automóveis de uma cidade, um escritório, um porto, um centro de distribuição e etc. Todos esses ambientes possuem uma série de problemas que devem ser resolvidos para que a empresa opere com melhor desempenho. Alguns exemplos desses problemas podem ser:

- Quantidade correta de recursos a serem utilizados (pessoas, máquinas, ferramentas e veículos);
- Qual o melhor layout e roteiro de fluxo dentro do sistema que está sendo analisado.

Neste contexto, a simulação é um importante instrumento de apoio ao processo de tomada de decisão. A simulação pode ser empregada em diversos setores da indústria e da prestação de serviço entre outras áreas.

## 2.6. Trabalhos Relacionados

Essa seção tem o objetivo de apresentar trabalhos relacionados, de forma a realizar a análise e identificação das suas diferenças ou similaridades. O estudo procurou entender e levantar os diversos pontos entre as obras, identificando iniciativas e aplicações dos trabalhos já escritos.

### **2.6.1. The impact of lean methods and tolls on the operational performance of manufacturing organizations**

Este trabalho investiga o impacto dos cinco métodos Lean, sendo eles: Just In Time (JIT), Automação, Kaizen, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) sobre as medidas de desempenho operacional, ou seja, custo, velocidade, qualidade e flexibilidade.

A coleta das informações o autor utilizou um questionário criado através da utilização do software SNAP. Esse questionário consiste em duas seções principais, onde a primeira é composta por um conjunto de questões gerais relacionadas com a organização, como, por exemplo, tamanho, localização, e setor industrial. A segunda parte é focada em investigar se as empresas participantes tinham experimentado, com base na percepção do entrevistado algum grau de melhora em relação as medidas de desempenho operacional estudadas.

Os questionários foram distribuídos aleatoriamente via e-mail para 710 organizações, onde deste total 141 respostas foram recebidas (BELEKOUKIAS et al., 2014). Os resultados deste estudo indicam que entre os cinco métodos (JIT, TPM, Automação, VSM e Kaizen), o JIT é aquele que contribui para o maior impacto na melhoria em todas as cinco medidas individuais e no desempenho geral da organização. A aplicação bem sucedida ou total da TPM não foi alcançada pelas empresas que participaram deste estudo, podendo assim explicar a falta de impacto da TPM nas medidas de desempenho.

### **2.6.2. A Simulation based comparison: Manual and automatic distribution setup in a textile yarn rewinding unit of a yarn dyeing factory**

O artigo de Bramadeep (2013) apresenta a simulação de dois processos, onde um é o processo atual, que é manual, e o outro, que é uma sugestão de

um novo processo, automatizado. O processo de estudo do trabalho foi o de tingimento e rebobinagem de fios em uma indústria têxtil.

Neste trabalho foi utilizado o software *Arena Simulation* da empresa *Rockwell Corporation*. Esta ferramenta é citada por outros autores e é utilizada em diferentes domínios de aplicação. De acordo com referências aqui pesquisadas, o software *Arena Simulation* é a ferramenta mais popular e completa de sua categoria, sendo por esse motivo utilizada no trabalho.

O autor do trabalho obteve os seguintes resultados com as simulações:

- O cenário do processo manual apresentou os melhores resultados em termos de atrasos, ou seja, menos atraso no atendimento das ordens de produção, mas o custo global é muito elevado.
- Por outro lado, o cenário automático mostra um valor maior nos atrasos, mas o valor do custo global é muito baixo.

O autor conclui que os resultados obtidos são consistentes e aceitáveis com base nas configurações do processo manual. Graças à simulação, pode-se concluir que o processo automático permite uma redução significativa dos custos (BRAMADEEP, 2013).

### 2.6.3. Comparativo da pesquisa atual com os trabalhos relacionados

Trabalhos Relacionados	Trabalho Atual
<p><b><u>Belekoukias, Reyes e Kumar (2014)</u></b></p> <p>Investiga o impacto de 5 métodos Lean sobre as medidas de desempenho operacional.</p>	<p><b><u>Beise (2016)</u></b></p> <p>Utiliza um dos princípios básicos do Lean que defende a eliminação de desperdícios e a fabricação com qualidade.</p>
<p><b><u>Brahmadeep (2013)</u></b></p> <p>Utiliza a simulação de processo para comparar duas situações em um processo e verificar qual terá a melhor desempenho dentro do que a empresa espera.</p>	<p><b><u>Beise (2016)</u></b></p> <p>Da mesma forma que o trabalho de Brahmadeep, o trabalho utilizou-se da simulação de processo para comprovar sua teoria.</p>

Tabela 1: Comparativo dos trabalhos relacionados com o trabalho atual.

O trabalho de Belekoukias, Reyes e Kumar investiga o impacto de métodos Lean sobre as medidas de desempenho operacional, ou seja, pesquisar se os

métodos Lean influência no desempenho do processo. E nessa pesquisa fica comprovado que os métodos Lean possuem influência direta na melhora do processo, assim como na pesquisa de Beise, o uso da metodologia para identificar desperdícios no processo auxilia identificando onde as melhorias podem acontecer no processo, mas nesse caso a melhoria acontece com a utilização de métodos de automação de processo.

Na pesquisa de Brahmadeep é utilizada a simulação de processos para comparar o antes e depois de melhorias efetuadas em um processo, sem precisar modifica-lo fisicamente. Essa pesquisa demonstra a importância e a eficácia da simulação de processo. Nesse mesmo pensamento a pesquisa de Beise também valida sua metodologia utilizando simulação de processo para comprovar a eficácia do da alteração do feita em um processo.

### 3. METODOLOGIA

De acordo com Silva e Menezes (2000) uma pesquisa pode ser classificada de quatro formas: quanto à natureza, quanto à forma de abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos.

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa pode ser Básica ou Aplicada. A primeira objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. A Pesquisa Aplicada é a utilizada neste trabalho. Ela se diferencia da pesquisa básica porque objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos. Ela envolve verdades e interesses locais. É aquela que tem um resultado prático visível em termos econômicos ou de outra utilidade que não seja o próprio conhecimento (SILVA E MENEZES, 2000).

Quanto à forma de abordagem do problema, uma pesquisa pode ser classificada em quantitativa ou qualitativa (SILVA E MENEZES, 2000). Esta pesquisa apresenta a pesquisa qualitativa. Nesta, o pesquisador, como instrumento chave, interpreta fenômenos e atribui significados através da coleta de dados, não necessariamente do uso de métodos e técnicas estatísticas.

Do ponto de vista dos objetivos, é possível classificar as pesquisas em três grupos: exploratória, descritiva e explicativa. Quanto aos objetivos o presente estudo utilizará a pesquisa exploratória. De acordo com Santos(2000), explorar é tipicamente a primeira aproximação de um tema e visa criar maior familiaridade em relação a um fato ou fenômeno. A pesquisa exploratória é quase sempre feita como levantamento bibliográfico, entrevistas com profissionais que estudam/atuam na área, visitas a *web sites* etc.

Nível	Objetivo	Coleta de dados	de Fonte de Informação	Variáveis
Acadêmico	Exploratória	Estudo de caso Bibliográfica	Campo Bibliografia	Multifatorial Quantitativa

**Tabela 2. Classificação da pesquisa científica**  
**Fonte: Santos (2000).**

### 3.1 Procedimentos metodológicos

A figura 5 ilustra o esquema de desenvolvimento desta pesquisa, resumindo os principais procedimentos metodológicos.

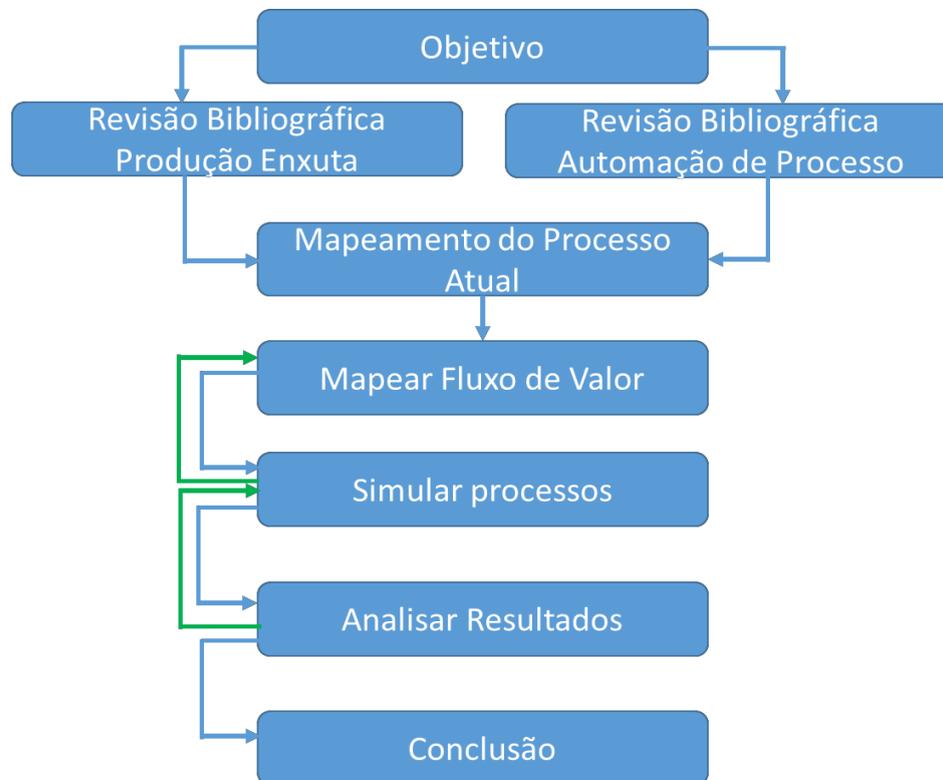


Figura 5. Esquema do desenvolvimento da pesquisa  
Fonte: do Autor

- 1) **Objetivo** – como descrito anteriormente, cada vez mais as empresas buscam produzir mais e gastar menos. A Produção Enxuta possui ferramentas que auxiliam na identificação de desperdícios, tomando-a um campo vasto a ser explorado.
- 2) **Revisão Bibliográfica sobre Produção Enxuta e Automação de Processo** – foram abordados diversos autores que darão embasamento teórico a respeito destes assuntos e foi realizada uma revisão bibliográfica em periódicos para verificarmos as últimas produções envolvendo os dois assuntos. A base de dados que serviu de base para a pesquisa bibliográfica foi a *Web Of Science*, uma das bases de pesquisa mais conceituada do mundo.
- 3) **Mapeamento do processo atual** – o mapeamento da situação atual do processo, que foi utilizado para um comparativo comprovando a eficiência das melhorias efetuadas, foi realizado acompanhando o

processo *in loco*. Juntamente com os responsáveis pelo processo na empresa, onde foi realizado o estudo, mapeamos cada etapa do processo.

- 4) **Aplicar a metodologia da Automação Industrial Aliada a Produção Enxuta** – Para validar a pesquisa será utilizada a simulação de processo utilizando o software Arena, onde será possível realizar comparações entre os processos.
- 5) **Mapear fluxo de valor** – utilização desta ferramenta da Produção Enxuta, que permitiu identificar atividades que não agregam valor ao processo para que possam ser eliminadas bem como gargalos que afetam o fluxo contínuo do mesmo.
- 6) **Simular Processos** – com os dois processos mapeados, desenhados, começou-se a desenvolver a simulação de ambos. Iniciamos a simulação do processo atual da empresa, onde o foco principal eram as paradas que ocorrem no processo. Essas paradas foram simuladas com base no percentual fornecido pelos indicadores de paradas do processo, que serão melhores explicados no decorrer do trabalho. Na simulação do novo processo deveríamos simular um fluxo contínuo no processo com um retorno do fardo, caso houve-se algum problema com ele. Sendo assim o foco principal da simulação era comparar a produtividade de cada processo, ou seja, quantos fardos cada processo conseguiria receber em um determinado tempo.
- 7) **Análise dos resultados** – Serão apresentados os principais resultados, efetuada a análise dos dados coletados, comparando-os frente aos indicadores discutidos.

## 4. MODELAGEM DO PROCESSO

### 4.1 Estudo de Caso

A empresa base do estudo é líder mundial na comercialização de tabaco para processamento, presente em vários países. O projeto iniciou em 2014 a partir do desenvolvimento de um novo software para registrar as informações do processo de recebimento de tabaco. Com essa reformulação nos softwares identificou-se alguns problemas no processo que não seriam resolvidos somente desenvolvendo novos softwares.

Assim, partindo do princípio da eliminação das perdas aliando alguns equipamentos para a automação de processo, é possível elevar a eficiência e rentabilidade do negócio. Portanto, o objetivo do projeto constituiu em aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing* aliados às tecnologias da automação de processo para melhorar a Qualidade, Produtividade, Ergonomia e Fluxo do tabaco no processo.

Por meio dos indicadores de paradas utilizados pela empresa, notou-se que 6 dos 14 indicadores, que correspondem a 19,3% das paradas estão relacionadas a equipamentos de informática que precisam da intervenção humana ou mesmo ocasionada a parada por um erro do mesmo.

### 4.2 INDICADORES DE PARADA

No processo em estudo podemos verificar através dos indicadores de parada do processo que praticamente todos, os indicadores, possuem de alguma forma algum desperdício ligado a uma interferência humana.

A **aferição de balança** é um desses indicadores e consiste em verificar o correto funcionamento da balança. Para isso a balança deve estar limpa para que não haja nenhuma interferência na pesagem. O teste é realizado colocando-se pesos padrões na balança como por exemplo 1KG, 2KG e 3KG, esses pesos são colocados em sequencia e retirados novamente. É um processo bem simples e obrigatório, que leva em média 6 minutos.

O **período de negociação** com o produtor é o indicador mais variável dentro do processo, podendo ocorrer várias paradas, no processo, em um curto período de tempo. Isso porque este indicador está relacionado diretamente à negociação do tabaco no início do processo. O produtor, em não concordando com a classificação de um fardo, argumenta com o classificador e os dois iniciam uma negociação que pode envolver também a supervisão, levando em média 3 minutos.

A **falta de tabaco** no processo também é um indicador e é ocasionado por motivos como problemas no caminhão que transporta o tabaco ou a desistência de venda do tabaco por parte dos produtores.

O **fardo aberto** é um problema corriqueiro no processo, ocasionado pela má qualidade da corda utilizada para amarração do fardo. O fardo possui 5 cordas de amarração, sendo que ao chegar no processo, uma destas cordas é cortada para que seja possível a retirada de tabaco para uma melhor visualização de sua qualidade. Entretanto, com o corte de uma das cordas, as demais acabam rasgando e o tabaco fica espalhado na linha, o que ocasiona uma parada especificamente para ajuste deste fardo.

**Problema mecânico**, ocorre quando existe algum problema mecânico em algum equipamento da linha de produção e o mesmo precisa ser revisado. Essa parada demanda em média 15 minutos.

A **parada operacional** é ocasionada por algum erro humano na realização de alguma tarefa no decorrer do processo como, por exemplo, não registro do fardo na compra, não leitura do código de barras do fardo na interna, entre outros.

Outro indicador é a **parada da remontagem**, que é ocasionada pelo fato do operador não conseguir retirar os fardos que estão chegando em sua máquina. Na remontagem, os fardos são agrupados em gaiolas conforme a sua classe e em certas ocasiões existe a predominância de uma classe, sobrecarregando esse setor.

O **problema de cadastro** também é um indicador de parada, e ocorre quando um fardo chega na classificação de compra e o produtor possui um problema em seu cadastro ou não possui cadastro no sistema. O cadastro do produtor consiste nas

informações pessoas e também referentes aos dados da safra atual, como quantidades de pés de tabacos plantados, visitas dos orientadores. Essas informações são utilizadas para controle da produção, através dessas informações, na classificação é possível identificar se o tabaco é de origem orgânica ou não. Mas o problema mais comum de cadastro é o não cadastro da nota do produtor, esse cadastro é realizado no momento em que o transportador chega na empresa para descarregar o tabaco recolhido nos produtores, nessa nota consta a quantidade de fardos, identificador do produtor, com essas informações cadastradas, no sistema da compra, ao ler-se uma etiqueta que esta em um fardo é possível localizar a carga e todos os dados do produtor.

A **troca de carga** na porta de compra também é um fator de parada do processo, ocorrendo quando termina a descarga de um caminhão e inicia-se a descarga de outro. Neste momento é necessário chamar os produtores que possuem tabaco nesse caminhão para acompanhar a classificação.

A **troca das etiquetas** identificadoras da classe interna do fardo implicam na parada da linha de produção. Tal fato pode ocorrer diversas vezes ao dia, pois a impressora não possui um compartimento maior que suporte um rolo com uma maior quantidade de etiquetas.

A **troca de fita** preta ou a **troca do *ribon***, que é a tinta da impressora, ocorre com uma frequência menor que a troca de etiquetas, mas também gera paradas no processo produtivo em estudo.

## 4.2. O Processo

O processo de recebimento de tabaco foi dividido, para uma melhor análise, nas seguintes etapas:

- **Classificação dos fardos:** O fardo é inserido na esteira e recebe uma classe de compra, que é utilizada para pagamento do produtor. O fardo também recebe uma classe interna que é utilizada para separação.
- **Remontagem:** Após as classificações, o fardo é separado em gaiolas, sendo utilizados recipientes metálicos para empilhar os fardos, conforme sua classe interna.

- **Pesagem Gaiola:** No momento em que a gaiola estiver completa, (com aproximadamente de 16 fardos) ela é retirada da remontagem e passa por uma pesagem geral que valida o peso dos fardos.

O processo inicia com a retirada dos fardos do caminhão e a colocação deles na esteira. Seguindo o fluxo do processo, o fardo recebe a classe de compra, onde é feita a negociação com o produtor, e em seguida ele é pesado, sendo estas informações utilizadas para o pagamento ao produtor.

Na etapa seguinte, o fardo recebe a classe interna, que é utilizada para agrupar os fardos e futuramente misturá-las para chegar à composição que o cliente deseja. Neste momento, o fardo recebe uma etiqueta identificadora (Figura 5) que será utilizada no subprocesso seguinte (remontagem).

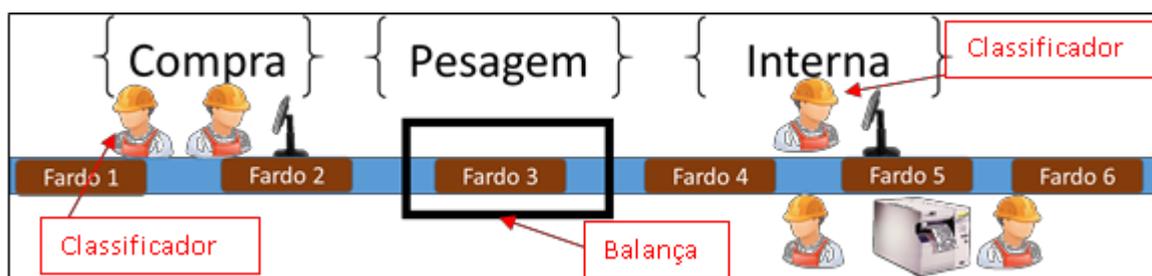


Figura 6. Subprocesso de classificação do fardo.

O subprocesso de remontagem tem a funcionalidade de direcionar os fardos para os equipamentos, que empilham os fardos em uma gaiola, agrupando-os conforme sua classe interna. O funcionamento dessa etapa inicia com o operador verificando qual máquina está especificada na etiqueta do fardo. Neste momento o operador aciona um botão que envia a informação a um CLP (Controlador Lógico Programável), que faz o controle automático do direcionamento. Assim que o fardo chega à máquina empilhadora, o fardo permanece em uma esteira giratória, esperando o operador para ser colocado na gaiola correspondente (Figura 7).

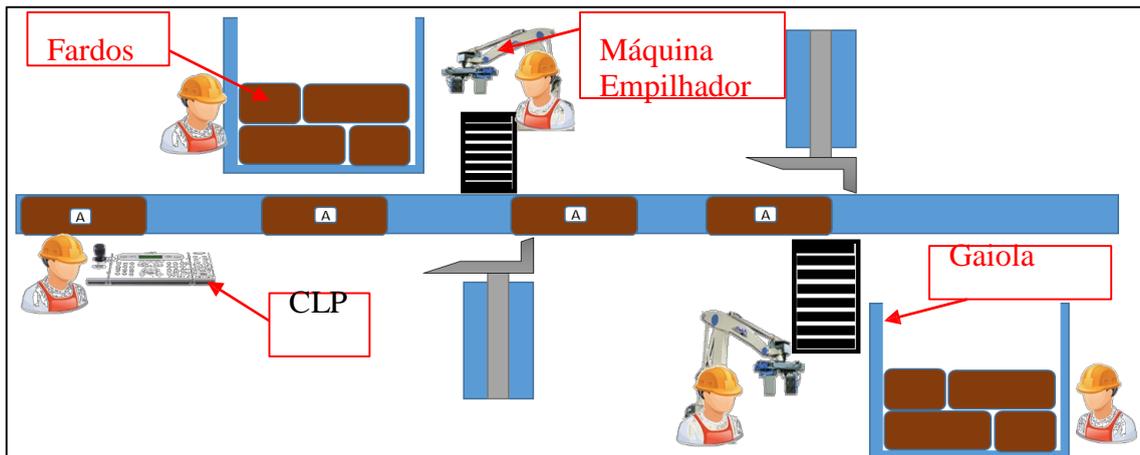


Figura 7. Subprocesso de direcionamento do fardo.

Finalmente, temos o subprocesso da pesagem da gaiola, o qual possui duas finalidades. A primeira é vincular os fardos à gaiola, isso ocorre lendo o código de barras que está colado nela e lendo os códigos dos fardos. Após esse vínculo, a gaiola é pesada para fins de validação dos pesos dos fardos contidos nela (Figura 8).



Figura 8. Pesagem da Gaiola

Analisando os subprocessos mencionados acima foram encontrados os seguintes problemas com perdas:

- **Fardo não registrado pelo operador** - o processo cessa na parte interna, e todos os fardos posteriores devem ser excluídos;
- **Fardo não registrado e leitura da parte interna não efetuada** - situação mais grave, uma vez que a classe dos fardos estará trocada.
- **Retirada das etiquetas dos fardos que estão na gaiola** – problema diretamente relacionado à segurança dos operadores (O maior problema

do segundo subprocesso é a segurança dos operadores que retiram as etiquetas dos fardos que estão na gaiola;)

- **Direcionamento equivocado de um fardo.**
- **Longo tempo de espera por empilhadeiras** – ocasionado por filas de pesagem de gaiolas. Na pesagem das gaiolas ocorre fila para realizar a pesagem, onde a empilhadeira fica parada esperando sua vez de pesar.

Também foram analisados os indicadores de paradas do processo. Esses indicadores são apresentados na Tabela 3.

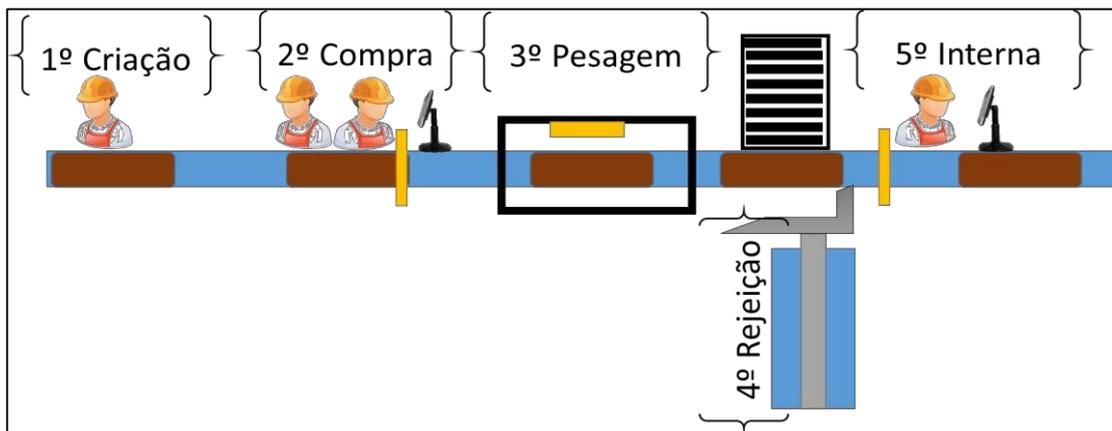
Motivo Parada	Duração (min)	%
Aferição balança	6	0,7
Compra (negociação c/ produtor)	92	10,3
Falta tabaco	409	46,0
Fardo aberto	20	2,2
<b>Fardo sem peso</b>	13	1,5
<b>Impressora</b>	57	6,4
Mecânico	14	1,6
<b>Operacional</b>	24	2,7
Parada remontagem	5	0,6
Problema cadastro (HS)	12	1,3
<b>Sistema</b>	64	7,2
Troca carga	159	17,9
<b>Troca fita branca</b>	10	1,1
<b>Troca fita preta</b>	4	0,4
	<b>889</b>	<b>100</b>

Tabela 3. Causas e tempos de paradas.

Analisando os indicadores destacados na tabela anterior, temos 19,3% de paradas que estão relacionadas a problemas técnicos, ou seja, de tecnologia.

### 4.3. Melhoria do Processo

Após as análises e estudos realizados no processo atual, chegou-se ao novo fluxo do processo de recebimento de tabaco como pode ser visto nas figuras 9 e 10. O processo foi dividido novamente em duas etapas, onde na primeira, é vista a parte de classificação do fardo, onde o mesmo recebe a classe de compra, peso e classe interna (Figura 9).



**Figura 9. Simulação do processo atual.**

O processo passa a funcionar da seguinte forma:

1. Operador cria o fardo no sistema vinculando o cartão do produtor ao RFID.
2. Implantação de um leitor de RFID, representado pelos retângulos amarelos, que irá identificar o fardo e a operadora irá incluir as demais informações.
3. Inclusão de um leitor de RFID na balança, para ler o RFID e capturar o peso. Nesse momento o sistema irá realizar as verificações necessárias. Se houver algum problema o fardo será rejeitado.
4. Rejeita o fardo, e
5. Inclusão de leitor RFID na classificação interna, onde não será mais necessário a impressão de etiquetas.

Na segunda etapa do processo, onde é realizado o direcionamento do fardo, o processo passa a ter o seguinte funcionamento, ilustrado na Figura 9:

- Inclusão de leitor RFID, representados novamente pelos retângulos amarelos, no início da linha de remontagem que identifica o fardo e sua separação, direcionando-o para o carrossel correspondente.
- Inclusão de leitores de RFID nas mãos hidráulicas que irão identificar o fardo e sua classe para colocar na gaiola correspondente.

- Criação de um sistema para monitoramento das gaiolas ao redor da mão hidráulica que será usado pelo operador.
- Nesse momento é criado o vínculo dos fardos com a gaiola.

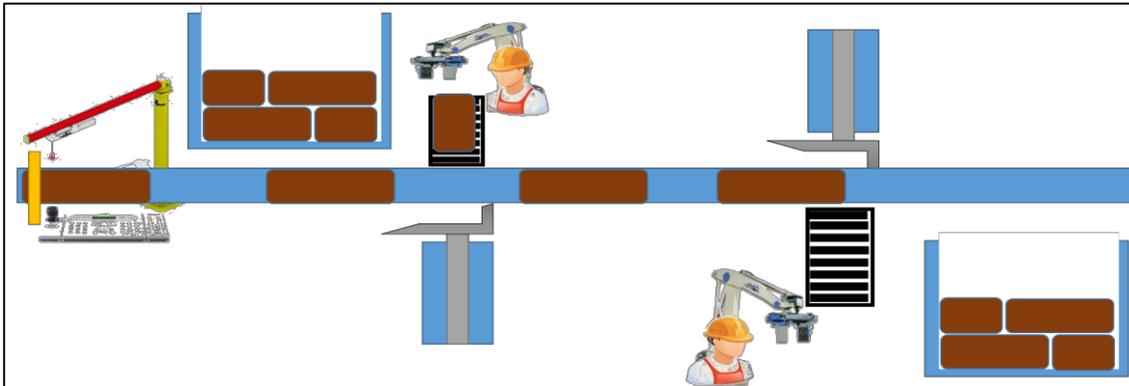


Figura 10. Simulação do processo atual.

Desta forma, com as modificações apresentadas, espera-se que seja possível eliminar os desperdícios e ter um fluxo mais contínuo.

#### 4.4. Simulação

Para realizar a comparação dos dois processos e validar a proposta, foram realizadas simulações das duas situações. Para isso foi utilizado o software Arena, onde foram simulados o processo atual e o processo com as melhorias.

No processo atual foi simulada todas as etapas do recebimento do tabaco, e as possíveis paradas ocasionadas, para simular o retorno da esteira foi implementada uma lógica de retorno para o fardo. A Figura 11 apresenta a modelagem do processo atual.

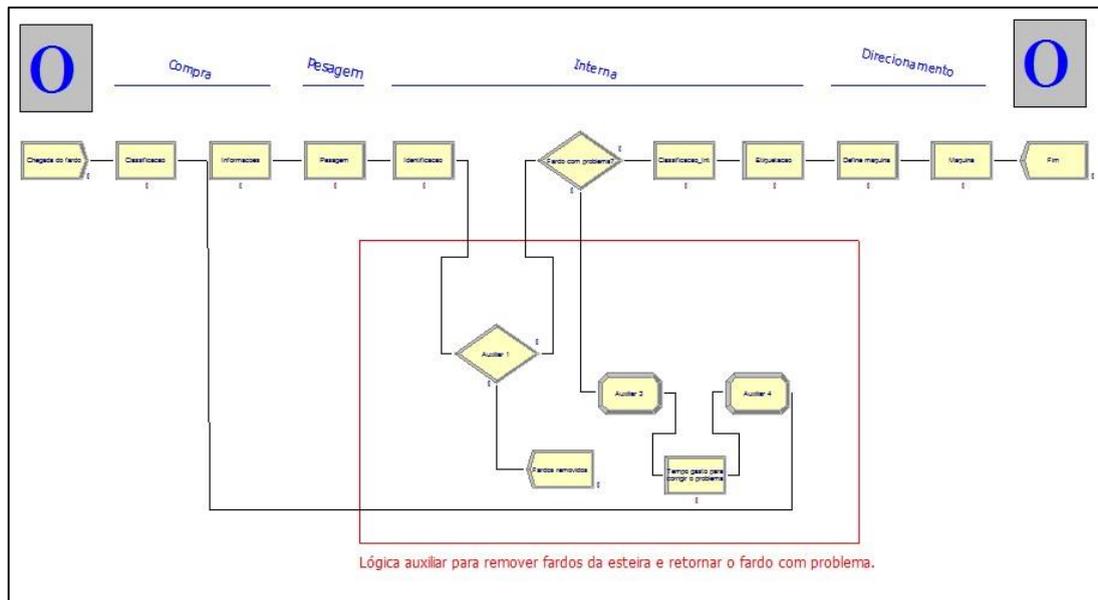


Figura 11. Simulação do processo atual.

Na simulação do processo novo o fluxo não é interrompido, pois se algum problema for detectado o fardo é rejeitado e os demais seguem o fluxo normal do processo. A Figura 12 apresenta o modelo de simulação do novo processo.

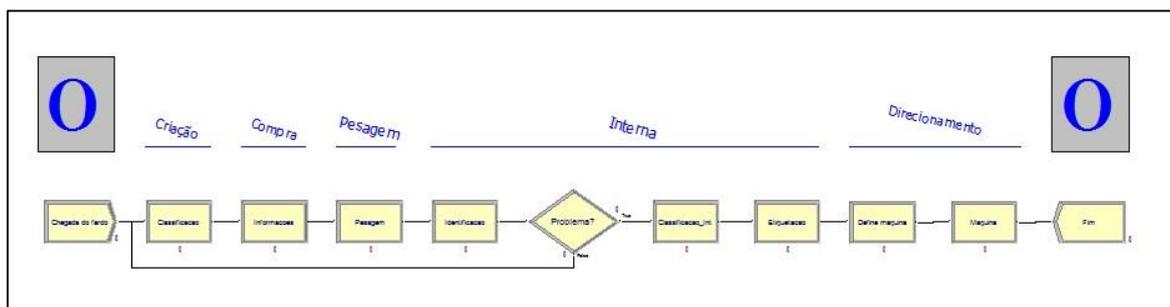


Figura 12. Simulação do novo processo

A simulação inicia criando fardos, ou seja, momento em que os fardos chegam na linha de produção, na próxima etapa é classificado esse fardo pelo classificador e acompanhado pelo produtor. Na terceira etapa, “informações todas as informações, referentes ao fardo, são inseridas no sistema, passando para a etapa de pesagem na qual o fardo é pesado em movimento. Após a balança o fardo é lido novamente antes da classificação interna e nesse momento são verificadas as informações desse fardo, se encontrado algo errado o fardo é rejeitado e retorna a etapa de classificação para verificar qual procedimento deve ser adotado.

Caso todas as informações estiverem corretas o fardo segue para a etapa de classificação interna, onde receberá a classificação mais detalhada de sua classe, que é utilizada internamente, e com a classe interna definida passa-se para a etapa de etiquetagem onde são buscadas as configurações pré-definidas dessa classe interna. Essas configurações serão utilizadas na etapa define máquina, onde é indicada o braço robótico para onde o fardo será direcionado, e na última etapa o fardo é recolhido pelo braço robótico e identificado pelo mesmo, onde será agrupado por classe em uma gaiola.

## 5. RESULTADOS

Com a realização das simulações, foi possível obter os relatórios de cada processo, atual e novo. Através deste relatório foi possível comparar a produtividade de cada um dos processos submetidos, em 1 hora de simulação. A quantidade de fardos recebidos no processo novo foi maior, assim como esperado, que no processo atual. No processo atual foram recebidos 307 fardos em uma hora, como pode ser visto na Figura 13.



Figura 13. Relatório simulação processo antigo.

No novo processo foram recebidos 353 fardos, isso corresponde a um aumento de quase 15 % na produtividade do processo.



Figura 14. Relatório simulação processo novo.

Através dos resultados obtidos com as modificações sugeridas, a empresa, neste processo, tem uma melhora em questões financeiras, de qualidade e produtividade. Referente a questões financeiras, a empresa poderia remanejar, nesse processo, 72 funcionários. Essa mão de obra poderia ser utilizada em processos manuais que a empresa possui, e onde existe a falta de mão de obra.

Adicionalmente, impressoras onde são produzidas as etiquetas seriam eliminadas. O mais importante é que com as modificações são eliminados os desperdícios utilizando a produção enxuta aliada a automação de processo.

## 6. CONCLUSÃO

A partir da análise dos conceitos de manufatura enxuta, e a esses conceitos aliar a inclusão de novas tecnologias de automação de processos, eludidos nesse trabalho, foi possível apresentar o funcionamento e os benefícios dos mesmos no contexto de uma empresa do setor tabagista, mas podendo ser aplicado em qualquer processo onde haja interferência humana no processo.

Através da pesquisa bibliográfica identificamos a necessidade de pesquisas nessas áreas do conhecimento, foram encontradas referências que ajudaram no desenvolvimento dessa pesquisa, contribuindo muito para o seu desenvolvimento.

Assim, esse trabalho veio a contribuir, do ponto de vista pessoal, para um aprofundamento do conhecimento da manufatura enxuta aliada e também da automação de processo, a partir de um estudo real de aplicação dos dois métodos.

Desta forma foi possível adquirir aprendizado acerca da produção enxuta, filosofia que vem cada vez mais sendo utilizada, em vários setores produtivos, por grandes empresas como meio de reduzir gastos e assim ganhar competitividade no mercado, tornando-a mais organizada e, principalmente, lucrativa. Pode-se concluir através da pesquisa realizada, em uma área pouco explorada, que é possível utilizar mais de uma técnica para melhoramento de processos em qualquer setor produtivo.

Adicionalmente, pode-se afirmar que a simulação contribui consideravelmente para validar alterações em um processo produtivo, podendo ser visualizada e analisada as alterações efetuadas nesse processo. Portanto é uma ferramenta poderosa para as empresas na tomada de decisão, não sendo necessária a alteração no processo antes de ter várias informações resultantes dessa simulação.

Como as empresas buscam sempre a redução de custos, a abordagem enxuta de eliminação de desperdícios contribui para essa redução, organizando o processo. Mas para se ter uma maior eficácia nesse ponto, a utilização de tecnologia é fundamental para aumentar a precisão da execução de atividades críticas dentro do processo, com isso podemos afirmar que a junção dessas duas abordagens contribui muito para a organização e produtividade dos processos.

Indicam-se como sugestão para trabalhos futuros:

- Realizar a aplicação dessa pesquisa em outros processos de áreas distintas, como por exemplo a fabricação de sacolas plásticas.
- Desenvolver uma solução robótica para o final do processo em estudo, onde os fardos são empilhados e separados por classe nas gaiolas.

## 7. REFERÊNCIAS

**GHINATO, Paulo:** *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time*, EDUCS, Caxias do Sul, 1996.

**OHNO, T.,** O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 149p. 1997.

**SHINGO, S.** *O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.

**SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** *Administração da produção*. 2 ed São Paulo: Atlas, 2002.

**SANTOS, Antonio Raimundo.** *Metodologia Científica: A construção de conhecimento*. 3 ed. Rio de Janeiro: DP&A., 2000.

**MELLO, M.C.A. de.** *Produção mais Limpa: Um estudo de caso na AGCO do Brasil*. Porto Alegre, 2002. 163f. Dissertação (Mestrado em Produção mais Limpa) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃES, L. C.** *Contribuição da Produção Enxuta Para Obtenção da Produção Mais Limpa*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23, 2003, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

**SILVEIRA, P. R. da.; SANTOS, W. E.** *Automação e Controle Discreto*. 9° Ed. Editora Érica Ltda. 2010.

**SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.** *Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação*. 118p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

**SILVA, T. F. A.** *Desenvolvimento de um Roteiro Para Implementação de Um Sistema de Medição de Desempenho para Chão de Fábrica para Ambiente de Produção Enxuta*. 153p. Dissertação(Mestrado) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2010.

**BENATO, G. L.** *Horizontalização dos Estoques de Matéria Prima e Componentes: Um Estudo de Caso Numa Empresa de Manufatura Enxuta do Ramo Automotivo*. 125p. Dissertação(Mestrado) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2009.

**YAMAGUCHI, M. Y.** *Sincronização das Bases de Tempo de CLPs Distribuídos numa Rede de Automação de Processo Industrial*. 142p. Dissertação(Mestrado) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2006.

**LIKER, J. K.** *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo*. Tradução de Lene Belon Ribero. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** *Lean Thinking – banish waste and create wealth in your corporation.* New York, Simon & Schuster, 1996.

**MESTRINER, C. A.** *Identificação e Análise dos Fatores Críticos que Interferem na Relação Entre o Suprimento Global e a Produção Enxuta.* 92p. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2010.