

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ALENCAR SERVAT

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO E SIMULAÇÃO NA  
ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALÇAS SOCIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2015

ALENCAR SERVAT

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO E SIMULAÇÃO NA  
ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALÇAS SOCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao  
Curso Engenharia de Produção da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR,  
Campus Medianeira, como Requisito Parcial à  
Obtenção do Título de Bacharel em Engenharia  
de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo Dos  
Santos

Co-Orientador: Prof. Carla Adriana Pizarro  
Schmidt

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO E SIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALÇAS SOCIAIS

**Alencar Servat**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 13 de Agosto de 2015 às 08h30min horas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Dr. José Airton Azevedo Dos Santos  
Prof Orientador

---

Neron Alípio Cortes Berghauser  
Membro titular

---

Carlos Aparecido Fernandes  
Membro titular

---

Neron Alípio Cortes Berghauser  
Coordenador do Curso

Dedico este trabalho aos meus pais, pelos incentivos e apoio, por terem me ajudando financeiramente durante minha graduação, pela ajuda e paciência que tiveram comigo devido as dificuldades que eu passei durante esse período, sem seu apoio nada disso seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

As palavras não conseguem expressar o quão grato eu sou pelas pessoas que me ajudaram a chegar até no final do meu objetivo de formação, esses que fizeram parte de toda essa minha caminhada pela Universidade. Primeiramente agradeço a Deus, por ter me cedido a vida, e força para poder traçar meus caminhos e conseguir alcançar meus objetivos. Também agradeço a Deus por ter colocado cada pessoa durante essa fase de minha vida, amigos que se tornaram parte de minha família. Grande agradecimento ao Professor orientador e grande amigo, Dr. José Airton Azevedo dos Santos, por ter sido um grandioso orientador, e nos conselhos prestados durante todo o curso. E se mostrado disposto ajudar no que fosse possível. Aos meus pais por terem me ajudado em todos os momentos que precisei. Agradeço aos professores Paulo Bittencourt pela oportunidade de trabalhar com ele em projetos de pesquisas durante a maior parte de minha graduação, ao coordenador do curso professor Neron Alípio pela amizade, ajuda que me destes e conselhos que ajudaram no meu crescimento. A banca examinadora pela atenção e contribuição com o estudo. Agradeço por todos os professores que tive durante todo esse período, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento. Agradeço a todas as amizades realizadas durante esse período, amigos que me ajudaram e deram apoio para essa conquista. Agradecimento a empresa de confecção Fatiota por ter aberto suas portas, para que eu pudesse concretizar e aprimorar meus estudos.

## RESUMO

SERVAT, Alencar. **Aplicação de Controle Estatístico e Simulação na Análise do Processo de Produção de Calças Sociais** 2014. 41. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

As empresas da área de confecção estão cada vez mais empenhadas na melhoria contínua dos seus processos produtivos. Buscando qualidade, menor prazo de entrega, redução de custos e maior satisfação dos clientes. Atendendo a necessidade de melhorar o processo de produção nesta área, o trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo analisar por meio de técnicas de controle estatístico de processos e simulação computacional o processo de produção de calças sociais masculinas em uma empresa de confecção. Inicialmente, utilizou-se da técnica de controle estatístico de processos para verificar a estabilidade do processo, procurando a presença de causas especiais. Na sequência, o processo foi analisado através de técnicas de simulação computacional. A metodologia utilizada é a de modelagem através de simulação computacional, de caráter quantitativo e é caracterizada como participativa. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação JAAMSIM. JAAMSIM é um software distribuído sob licença livre. A aplicação de simulação computacional permitiu identificar a principal restrição do processo de produção de calças.

**PALAVRAS-CHAVE:** JAAMSIM, Simulação, Produção de calças.

## **ABSTRACT**

The companies in clothing area are increasingly engaged in the continuous improvement of its productive processes. Seeking quality, shorter delivery times, reduced cost and more satisfaction to its clients. Given the need to improve the production process in this area, the work developed here aims to analyze through statistical control of processes and techniques of computer simulation the production process of social pants in a confection firm. Initially, it was used technique of statistical process control to verify the stability of the process, looking the presence of special causes. In sequence, the process was analyzed by computer simulation techniques. The methodology used was the modeling through computer simulation of quantitative character and it is characterized as participative. A stochastic, discrete and dynamics model was implemented in the JAAMSIM simulation software. JAAMSIM is distributed under a free license software. The application of computational simulation allowed identify the constraint main of the process of pants production.

**KEYWORDS:** JAAMSIM, Simulation, Pants production.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1.Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	15
2.1 INDÚSTRIA E COMERCIO DE VESTUÁRIO .....	15
2.2 INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO NO MUNDO.....	15
2.3 A INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO NO BRASIL .....	16
2.4 SIMULAÇÃO .....	17
2.5 O SOFTWARE JAAMSIM .....	18
2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS .....	19
<b>3 MATERIAIS E METODOS</b> .....	21
3.1 A EMPRESA .....	21
3.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALÇAS SOCIAIS .....	21
3.3 GRÁFICOS DE CONTROLE.....	25
3.4 COLETA DE DADOS.....	26
3.5 VALIDAÇÃO DO MODELO .....	27
3.6 TAMANHO DA AMOSTRA.....	27
3.7 <i>OUTLIERS</i> .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	35

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Interface Inicial do software JAASIM .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2: Lotes de 15 peças de Calças Identificados .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3: Setor de Confecção de Calças .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4: Fluxograma do Processo de Confecção de Calças Sociais. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5: Representação do Layout de produção, Etapas e Sequências de Montagem. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 6: Gráficos de Controle: (a) sob controle estatístico e (b) fora de controle estatístico .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 7: Número de Calças Produzidas Por Turno de Trabalho .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 8: Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade dos dados. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 9: Gráfico de controle – Número de calças.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 10: Boxplots dos valores de produção de calças por turno de trabalho.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 11: Distribuições de probabilidade das variáveis analisadas .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 12: Modelo computacional – JAASIM.....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1: Simbologia Utilizada .....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 2: Identificação de Outliers .....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Análise de Dados</b> .....	30
<b>Tabela 2: Distribuição de Probabilidades dos valores produzidos</b> .....	31
<b>Tabela 3: Dados do Sistema Real e do Modelo</b> .....	33
<b>Tabela 4: Tempo Médio de Espera na Fila</b> .....	33

## **LISTA DE SIGLAS**

ABIT: Associação Brasileira de Indústria Têxtil.

ABRAVEST: Associação Brasileira do vestuário

CEP: Controle Estatístico de Processo.

LSC: Limite de Controle Superior.

LC: Linha Central.

LIC: Limite Inferior de Controle.

TQO: Tempo de Overloque.

TFR: Tempo de produção da Frente da Calça.

TTR: Tempo de Produção da Traseira da calça.

TJU: Tempo de Junção da Parte da Frente com a Parte Traseira.

TA: Tempo de Acabamento.

NCP: Número de Calças Produzidas

SE: Erro Médio Estimado( em decimal)

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de confecção, por exigir pouco nível tecnológico e pequeno investimento de capital, é um dos setores que mais cedo se desenvolveu no país. Esta indústria tem uma participação significativa no crescimento econômico e no desenvolvimento do país, sendo responsável por 9% dos empregados da indústria de transformação nacional e ocupa um dos primeiros lugares na economia mundial com 14% dos empregos. Somente no Paraná esse ramo emprega 11,38% do total de empregados do segmento nacional (FIEP, 2009).

Segundo a ABRAVEST (2015), o ramo da confecção é formado por 17 grupos: Linha Praia, Infante Juvenil e Bebê, Roupas Profissionais, Uniformes Escolares, Camisas, Malharia, Roupas Sociais Masculinas, Moda Boutique, Malharia Retilínea, Jeans Sportwear, Surfwear, Roupas Íntimas masculina e Feminina, Meias, Bordados, Lingerie Dia, Lingerie noite e Moda Boutique.

Existem empresas que atuam em mais de um segmento, enquanto outras especializam-se em determinado segmento. Neste trabalho o foco está relacionado ao segmento de confecção de roupas sociais masculinas, mais especificamente de calças sociais.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma metodologia que atua preventivamente sobre o processo produtivo, utilizando a estatística como instrumento básico para avaliar suas alterações, em busca do aperfeiçoamento contínuo da qualidade. Dentro deste contexto, os gráficos de controle são considerados uma das suas ferramentas mais importantes. Os gráficos de controle são elementos visuais para o monitoramento da conformidade de características de produtos e processos (SOUZA; RIGÃO, 2005).

Segundo Banks (1998), simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital. A simulação de um modelo permite entender a dinâmica de um sistema assim como analisar e prever o efeito de mudanças que se introduzam no mesmo. É uma representação próxima da realidade, e será tanto mais real quanto mais características significativas do sistema seja capaz de representar. Por outro lado, o modelo deve ser simples, de forma que não se torne demasiado complexo para se construir, mas ao mesmo tempo o modelo deve ser o mais fiel possível ao sistema real (CHIWF; MEDINA, 2007).

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, Basic, Pascal, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação dedicadas à simulação que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens Gpss, Siman, Slam, Simscript, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito gerais. Alguns dos simuladores da geração seguinte foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo tem-se o software Arena®, implementado na linguagem Siman (LAW; KELTON, 2000).

Dentre os pacotes de simuladores pesquisados, para realizar a simulação do processo de produção da confecção, optou-se por utilizar, neste trabalho, o software JAAMSIM da Ausenco Engineering por ser um software distribuído sob licença livre.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar por meio de técnicas de controle estatístico de processos e simulação computacional o processo de produção de calças sociais masculinas em uma empresa de confecção.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar o processo de produção através de técnicas de controle estatístico de processos;
- b) Construir o modelo conceitual do sistema;
- c) Implementar o modelo computacional no software JAAMSIM;
- d) Validar o modelo implementado;

e) Identificar através de técnicas de simulação computacional a principal restrição do processo de produção de calças sociais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 INDÚSTRIA E COMERCIO DE VESTUÁRIO

Segundo Costa (2011) as indústrias de vestuário/confecção são formadas em sua maioria por empresas de pequeno e médio porte. Os produtos produzidos por estas empresas possuem baixo valor agregado, utilizando, em larga escala, a mão de obra barata. A cadeia produtiva desse ramo é muito extensa e pode proporcionar ganhos de escala nas etapas do processo produtivo. Como características principais apresentam: tecnologias de produção, matérias primas inovadoras e estratégias de design, comércio e distribuição.

A indústria do vestuário, nas décadas de 1970 e 1980, passou por transformações significativas, originadas da competição entre fornecedores europeus e asiáticos, apoiados pelo desenvolvimento de máquinas e equipamentos modernos e pela criação de novos materiais têxteis. Adiciona-se a isso a implantação de novas técnicas avançadas de administração.

Este setor exerce um relevante papel na economia global. No comércio internacional, está posicionada em terceiro lugar na maioria dos países industrializados. E nos países em desenvolvimento, representa a porta de entrada no mercado internacional. Primeiramente, são exportados os produtos de menor valor agregado. Posteriormente, internalizam novos processos produtivos e buscam competir nos países de grandes mercados.

### 2.2 INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO NO MUNDO

A cadeia produtiva têxtil – reunindo fiação, tecelagem, malharia, acabamento/beneficiamento e confecção – vem passando por muitas transformações recentes, destacando-se especialmente aquelas relacionadas não apenas com as mudanças tecnológicas que permitiram expressivos incrementos de produtividade, mas também com a crescente importância do comércio intrablocos, cabendo destacar: a) o Nafta; b) a União

Europeia e as regiões do Norte da África e Sul da Ásia, como Índia e Paquistão; c) o Sudeste da Ásia e o Extremo Oriente; e d) o Mercosul e a América Latina.

As indústrias têxteis norte-americana e europeia passaram a investir pesadamente em novas tecnologias de concepção, processo, vendas e produto, tornando-se cada vez mais capital-intensivas. Desistindo de concorrer nas faixas dominadas pelos artigos de pequeno valor agregado provenientes da Ásia, elas procuraram se especializar em nichos mais lucrativos e de qualidade diferenciada, abertos pelas novas fibras químicas e pelos novos processos produtivos. Buscando maximizar a sua proximidade com os maiores mercados consumidores, elas apostaram em técnicas voltadas para a diminuição do tempo de concepção, produção e comercialização dos artigos têxteis, de modo a permitir que a produção fosse “puxada” pelas demandas voláteis da moda que passaram a predominar nos setor (ABRAVEST, 2015).

### 2.3 A INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO NO BRASIL

O setor da indústria do vestuário no Brasil conta com mais de 30 mil empresas que constituem um expressivo segmento socioeconômico, representando 17,5% do PIB da Indústria de Transformação e cerca de 3.5% do PIB total brasileiro. O faturamento aproximado em 2007 foi de US\$ 34,6 bilhões (ABIT, 2009).

Ainda segundo dados da ABIT, a indústria do vestuário no Brasil é uma das que mais empregam no país, com 1.7 milhões de empregados até o final do ano 2008, dos quais 75% é mão-de-obra feminina. É o segundo maior empregador da indústria de transformação, e também o segundo maior gerador do primeiro emprego. O Brasil é o sexto maior produtor têxtil do mundo, e o segundo maior produtor mundial de denim (jeans).

Em seu primeiro balanço de 2009, a ABIT traçou o atual perfil da oferta do setor do vestuário, que conta com dados interessantes como:

- a) Entre 2004 e 2008 a produção nacional cresceu 16%.
- b) Em 2008 foram produzidas 5,5 bilhões de peças.
- c) As vendas da indústria somaram 30 bilhões de reais.
- d) A indústria nacional conta com 20 mil produtores com perfil industrial em atividade, donde 84,5% são microempresas (menos de 20 funcionários).

- e) Os grandes players do setor correspondem a apenas 0,3% do volume de produção.

## 2.4 SIMULAÇÃO

A simulação de modelos permite ao analista realizar estudos sobre os correspondentes sistemas para responder questões do tipo “O que aconteceria se?”. O principal apelo ao uso desta ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação, uma vez que os estudos são realizados no computador. A simulação computacional permite que tais estudos sejam realizados sobre sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido iniciada (MARIN; TOMI, 2010).

A técnica da simulação e seus conceitos básicos são, em geral, facilmente compreensíveis e justificáveis, tanto para usuários quanto para os gerentes que tomam a decisão de aplicá-la em seus projetos. Geralmente, esta aceitação deve-se a fatores, tais como (SANTOS, 2013):

- a) Um estudo simulado admite aos analistas considerarem níveis de detalhes jamais imaginados há pouco tempo atrás, permitindo que diferenças de comportamento, às vezes sutis, venham a ser notadas. As abordagens tradicionais, ao contrário, empregam estudos preliminares estáticos e com tantas simplificações que, muitos projetos depois de implantados, acabam sofrendo inúmeras modificações e adaptações,
- b) A possibilidade do emprego de animações, permitindo que se visualize o comportamento dos sistemas durante as simulações;
- c) Um estudo simulado pode economizar tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos, trazendo ganhos de produtividade e qualidade. Os custos de tais análises são, em geral, insignificantes se comparados aos seus benefícios;
- d) A percepção de que o comportamento modelo simulado é muito semelhante ao do sistema real.

## 2.5 O SOFTWARE JAAMSIM

O JAAMSIM é um software livre que apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém inúmeros recursos para modelagem, animação e análise de resultados. Este software é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em JAAMSIM são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc, que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações (KING, 2013).

O software JAAMSIM (Figura 1) usa uma Interface Gráfica para o usuário, com isso, minimiza a complexidade do processo, automatizando-o e reduzindo a necessidade do uso do teclado. Sendo o mouse o meio mais utilizado na construção do modelo computacional.

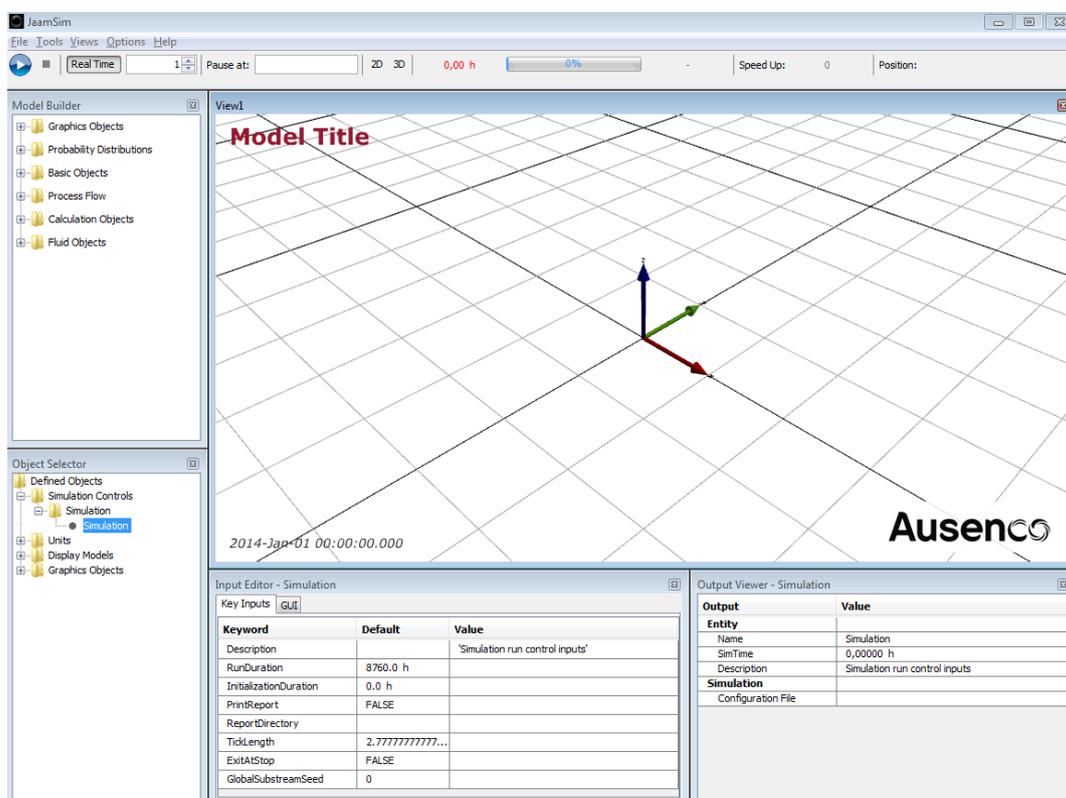


Figura 1: Interface Inicial do software JAASIM

O JAAMSIM, como alguns outros simuladores, fornece em seu pacote:

- a) Interface gráfica de comunicação com o usuário;
- b) Animação do modelo;
- c) Relatórios em tempo real sobre a simulação executada;
- d) Coleta automática de saídas para medição de desempenho do sistema;
- e) Desenvolvimento de modelos orientados a objetos;
- f) Ferramentas estatísticas para tratamento dos dados da simulação.

## 2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

O Controle Estatístico do Processo possibilita padronizar o processo produtivo para que não ocorram desperdícios, por haver muita variabilidade em cada processo de fabricação dos produtos, utilizando esta ferramenta é possível controlar e evitar que os produtos se tornem “sucatas” ou que ocorram retrabalhos; mostra as diretrizes para resolução de problemas ocorridos durante a fabricação e também como se deve agir, assim possibilitando tomar atitudes econômicas e eficazes. O objetivo do controle estatístico é fazer com que o processo produtivo seja realizado de forma eficaz, reduzindo custos, aumentando a qualidade, a produtividade e competitividade da empresa no mercado (ALMEIDA, 2011).

Para uma melhor análise de dados é necessário conhecer bem o processo produtivo, o comportamento do processo, suas variáveis e problemas para tomar as ações necessárias. O controle estatístico tem como base inicial a coleta de dados seguindo com outras ferramentas utilizadas pela qualidade. Através dessa coleta é possível realizar uma análise criteriosa sobre o que foi encontrado.

Controle Estatístico do Processo é parte integrante dos programas de qualidade total, adotados por inúmeras empresas como estratégia habilitadora de sua permanência e expansão nos mercados globalizados conforme CANPOS (1992).

A ênfase para buscar melhorias da qualidade deve ser concentrada em melhoramentos contínuos, atitudes que, promovidas continuamente, permitam reconhecer os problemas, priorizar ações corretivas, implantá-las e dar sequência a postura pró-ativa, agindo corretamente (SILVA, 1999).

A utilização de métodos estatísticos não garante a solução de todos os problemas de um processo, porém é uma maneira racional, lógica e organizada de determinar onde

eles existem, sua extensão e a forma de solucioná-los. Esses métodos podem ajudar na obtenção de sistemas que assegurem uma melhoria contínua da qualidade e da produtividade ao mesmo tempo (CHAMBERS & WHEELER, 1992; CARNEIRO NETO, 2003; MOREIRA, 2004).

O Controle Estatístico de Processo abrange a coleta, a análise e a interpretação de dados com a finalidade de resolver um problema particular (PARANTHAMAN, 1990).

A ideia principal do CEP é melhorar os processos de produção com menos variabilidade proporcionando níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. É muito comum nas fábricas que processos industriais não sejam otimizados no sentido de serem caracterizados por altos níveis de eficiência, no entanto, dentro do CEP existem ferramentas para monitorar o processo e, portanto, melhorá-lo. (PALADINI, 2002; CARVALHO & PALADINI, 2005).

A eficácia da utilização do CEP baseia-se no seguinte conceito: se um processo ocorre sob condições conhecidas e estas são cuidadosamente mantidas, este processo estará sujeito apenas aos efeitos de Causas Comuns - que definem a posição e a dispersão do processo, configurando-se por uma Distribuição Normal. Assim, sendo um processo conhecido, pode-se prever toda sua ocorrência (PINTON, 1997).

Controle Estatístico de Processo opera preventivamente; utiliza-se de uma base objetiva de análise; tem atuação abrangente: não se limita a alguns casos específicos, mas à produção como um todo, e, enfim, permite adequada avaliação da qualidade (PALADINI, 1990; DINIZ, 2001).

### 3 MATERIAIS E METODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. A classificação quanto ao tipo de pesquisa pode ser subdividida de acordo com a natureza sendo esta aplicada, quanto aos objetivos sendo descritiva, quanto à forma de abordar o problema pode ser considerada quantitativa e de acordo com os procedimentos técnicos como modelagem e simulação ou seja uma pesquisa operacional.

Como estratégia de pesquisa, foi utilizado o estudo de caso que, conforme Yin (2001), é ideal em situações organizacionais reais em que o pesquisador não tem controle dos fenômenos.

#### 3.1 A EMPRESA

A empresa em estudo, localizada em Santa Helena, região oeste paranaense, atua no ramo de confecção de vestuário masculino desde 2005. Possui uma área fabril total de 2051,50 m<sup>2</sup>. Confecciona blazers, jaquetas, calças, paletós, coletes, smokins e sobretudos, destinadas ao público masculino (RICCI, 2013).

Atualmente a empresa conta com aproximadamente 140 funcionários, subdivididos em: responsáveis pela costura, responsáveis pela passadoria, responsáveis pelo corte, auxiliares da produção, encarregados de serviços gerais (caldeira e zeladores), encarregadas da produção e funcionários do setor administrativo. A indústria possui 66 máquinas de costura e 25 máquinas de passadoria (RICCI, 2013).

#### 3.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALÇAS SOCIAIS

Nesta seção apresenta-se, de forma simplificada, a descrição do processo de produção de calças sociais.

Inicialmente, as partes das calças (bolsos e pernas), são identificadas e separadas em lotes de 15 peças (Figura 2). Depois de identificadas as peças, os lotes são

encaminhados ao Setor de Montagem (objeto deste estudo). A montagem corresponde à fase mais complexa da produção (Figura 3). Trata-se do manuseio das máquinas (costura, overlock, etc.) pelas costureiras que vão confeccionar a peça. Neste setor é onde há o maior número de colaboradores, trata-se de um trabalho quase artesanal, onde as partes são transformadas em peças de vestuário. Na montagem tem-se os seguintes processos: Overloque, Montagem da Parte da Frente (montar bolsos, colocar zíper, etc.) e Montagem da Parte de Trás (fazer pinchau, montar bolsos, fazer caseado do bolso, refilar, etc). Na sequência as peças são enviadas para o setor de Junção. Na junção fecha-se as laterais e o meio das pernas das calças.

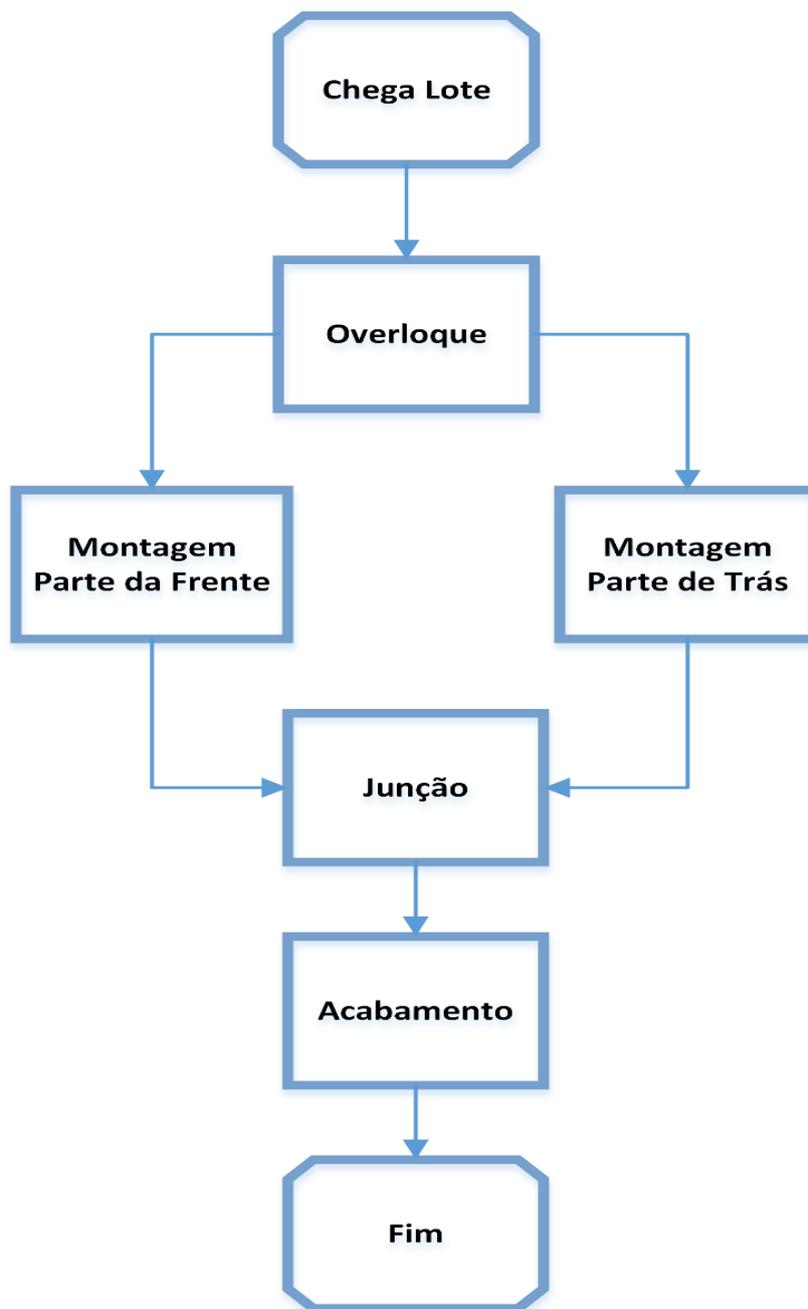


**Figura 2: Lotes de 15 peças de Calças Identificados**



**Figura 3: Setor de Confeção de Calças**

Para concluir o processo produtivo a peça é encaminhada para o setor de acabamento, que abrange desde a limpeza, prega de botões, prega de gancho, passadoria até a embalagem. Na Figura 4 apresenta-se o fluxograma resumido do sistema em estudo.



**Figura 4: Fluxograma do Processo de Confeção de Calças Sociais.**

Na Figura 5 é representado o local de estudo de forma detalhada com as respectivas operações, suas seqüências de montagem e caminho percorrido, o quadro 1

representa as simbologias utilizadas para a elaboração do fluxograma do processo de confecção de calças.

Atividade	Descrição
	Passadeira
	Mesa de Costura

Quadro 1: Simbologia Utilizada

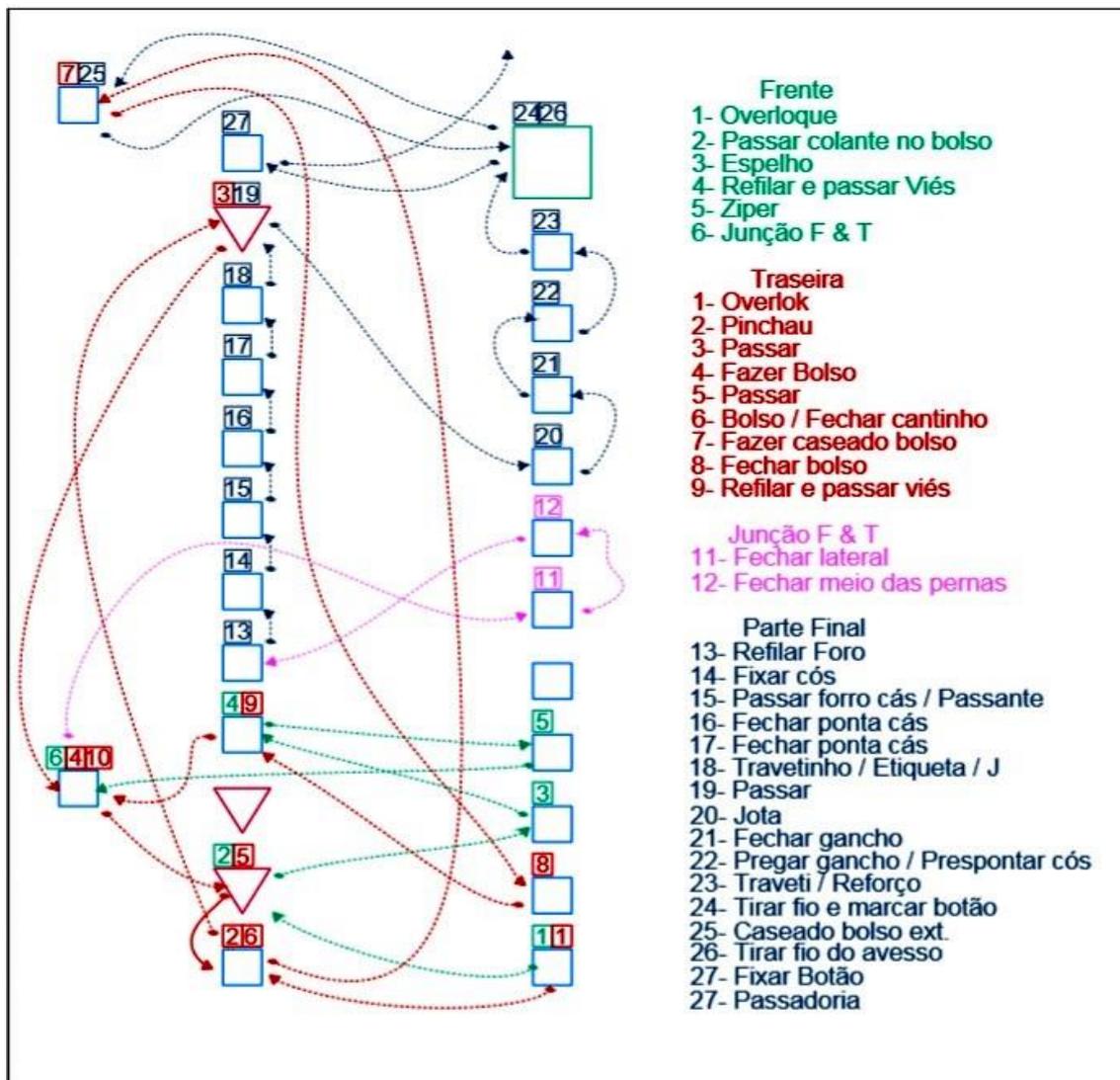


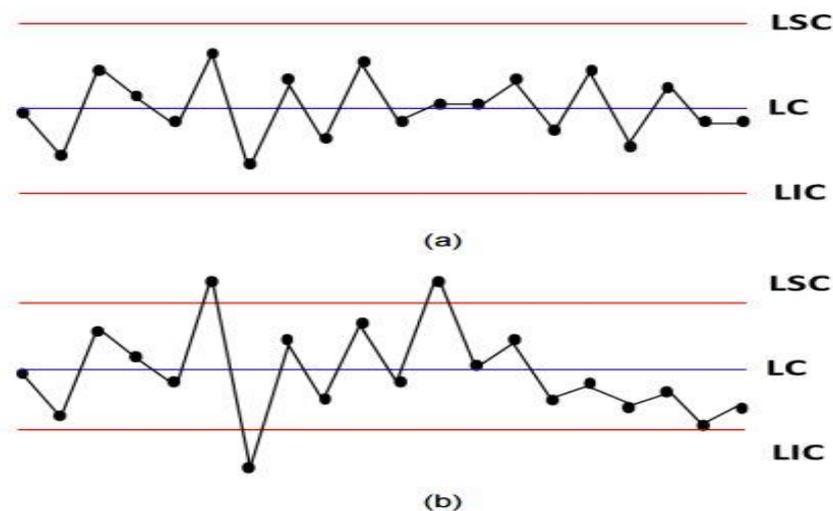
Figura 5: Representação do Layout de produção, Etapas e Sequências de Montagem.

### 3.3 GRÁFICOS DE CONTROLE

A qualidade de um produto ou processo é assegurada com a minimização da variabilidade nas características do produto e nos procedimentos. Qualquer processo de produção está sujeito a variabilidade. No controle estatístico da qualidade a variabilidade tem causas aleatórias, inerentes ao processo, e causas especiais. As causas especiais são geralmente únicas e suficientemente grandes para produzir perturbações fortes no processo de produção. Exemplos de causas especiais são: trovoadas e relâmpagos, funcionário intoxicado, treinamento inadequado, etc. Outra causa é chamada comum. Essas causas são relativamente pequenas, mas ocorrem quase sempre em grande número, afetando a variabilidade do processo. Para reduzir a variabilidade originada das causas comuns é necessário investimento em novas e melhores máquinas, matéria-prima de melhor qualidade, treinamento intensivo, etc.

Os gráficos de controle não são em geral apropriados para análise e eliminação de causas comuns. Sendo utilizados, geralmente, para detectar as causas especiais (SOUZA; RIGÃO, 2005).

O gráfico de controle é composto de três linhas paralelas, a linha central (LC), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Na Figura 6 apresentam-se exemplos de gráficos de controle.



**Figura 6: Gráficos de Controle: (a) sob controle estatístico e (b) fora de controle estatístico**

Quando todos os pontos amostrais estiverem dispostos dentro dos limites de controle de forma aleatória, considera-se que o processo está “sob de controle” (Figura 6-

a). No entanto, se um (ou mais) ponto(s) estiver(em) disposto(s) fora dos limites de controle, há evidência de que o processo está “fora de controle” (Figura 6-b), e que investigação e ação(ões) corretiva(s) são necessárias para detectar e eliminar a(s) causa(s) especiais no processo.

### 3.4 COLETA DE DADOS

Segundo Freitas Filho (2008), a coleta de dados é um dos pontos mais importantes do processo de simulação, pois se os dados coletados não forem consistentes, o modelo também não será.

A coleta de dados e informações sobre o sistema estudado foi realizada através de medições na confecção e com dados históricos da empresa. As medições, realizadas na empresa, foram feitas durante três meses, no período de janeiro a março de 2015.

No planejamento da coleta de dados concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempos de Overloque (TOQ), Tempos de Produção da Frente da Calça (TFR), Tempos de Produção da Parte Traseira da Calça (TTR), Tempos de junção da Parte da Frente com a Parte Traseira (TJU) e Tempos de Acabamento (TA).

A Figura 7 apresenta o número de calças produzidos pela empresa em um período de 36 dias.

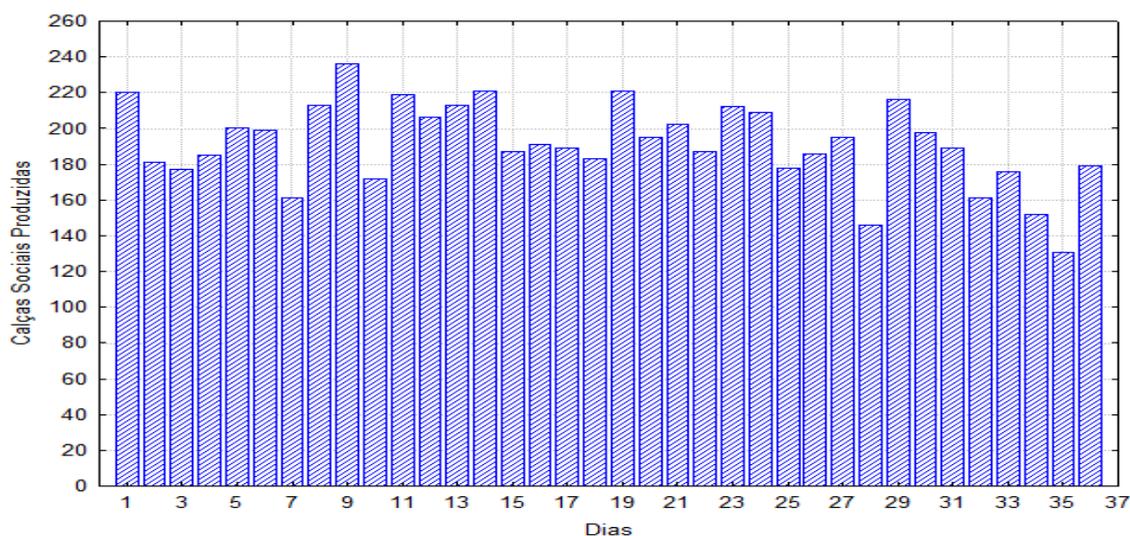


Figura 7: Número de Calças Produzidas Por Turno de Trabalho

### 3.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, utilizou-se o erro médio estimado (Equação 1) (SARGENT, 1998):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR-MD)^2}{GLR}} \quad (1)$$

onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo; e

GLR – grau de liberdade considerando o número de replicações do modelo.

### 3.6 TAMANHO DA AMOSTRA

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida, para um nível de confiança de 95%, através da Equação (2) (MARROCO, 2003):

$$n_A = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (2)$$

onde:

$n_A$ : número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ : valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

S: desvio padrão;

E: erro máximo estimado.

### 3.7 OUTLIERS

Uma das principais etapas, em qualquer análise estatística de dados, é estabelecer a qualidade das observações. Atento a esse fato este trabalho utilizou a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada no Quadro 2 (MARRÔCO, 2007). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados.

<i>Outliers</i>
$A=Q^3-Q^1$
Valor $< Q^1-1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i>
Valor $> Q^3+1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i>
Valor $< Q^1-3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i>
Valor $> Q^3+3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i>

**Quadro 2: Identificação de *Outliers***

Onde  $Q^1$  e  $Q^3$  são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre inter-quartil “A” é calculada pela diferença:  $A=Q^3-Q^1$ .

Observa-se que neste trabalho os *outliers* considerados como extremos só foram descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Gráfico de Controle:

Inicialmente, utilizou-se do gráfico de controle individual  $X_i$  para avaliar se o processo de produção de calças sociais estava sob controle estatístico. Isto é, não apresentava causas especiais. Os gráficos individuais são utilizados quando o subgrupo tem apenas um elemento. Observa-se que quando trata-se de dados individuais tem que se ter um cuidado especial com a questão da normalidade dos dados. Por meio do gráfico de probabilidade normal é possível julgar se os dados se ajustam a uma distribuição normal, pela visualização de como os pontos se distribuem sobre a linha. Quanto mais próximos os pontos estiverem da linha mais será válida a suposição de normalidade. Com relação a Figura 8 pode-se dizer que os dados, número de calças produzidas por dia de trabalho, seguem uma distribuição normal.

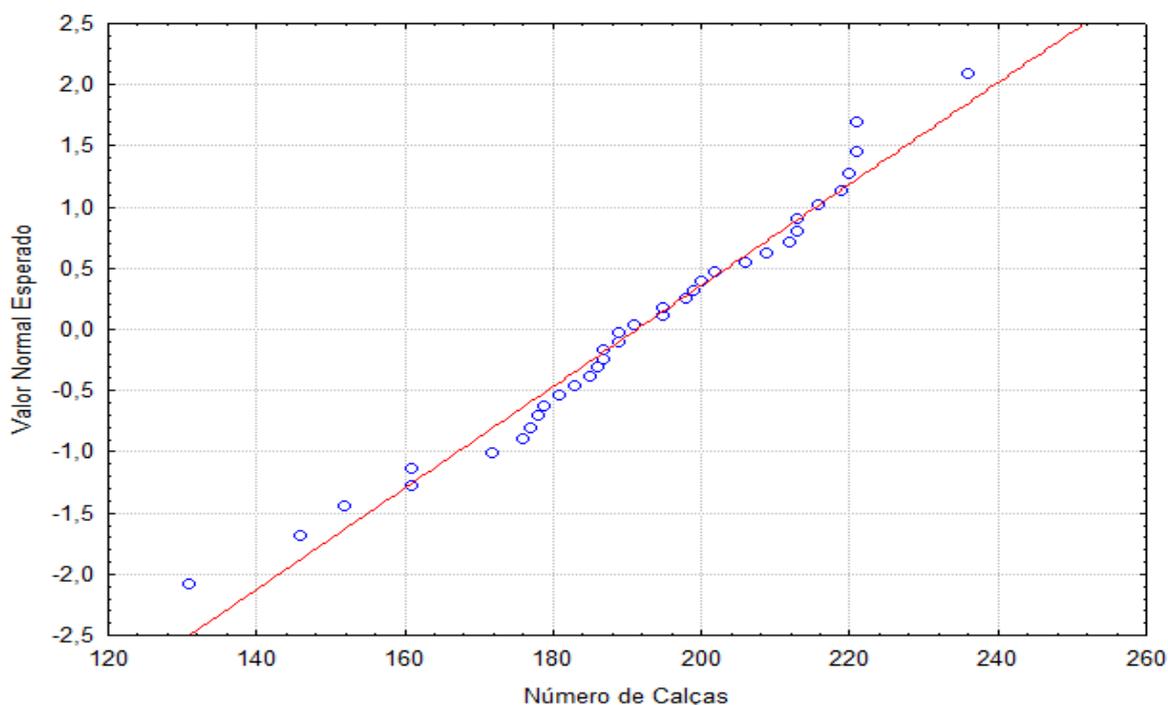
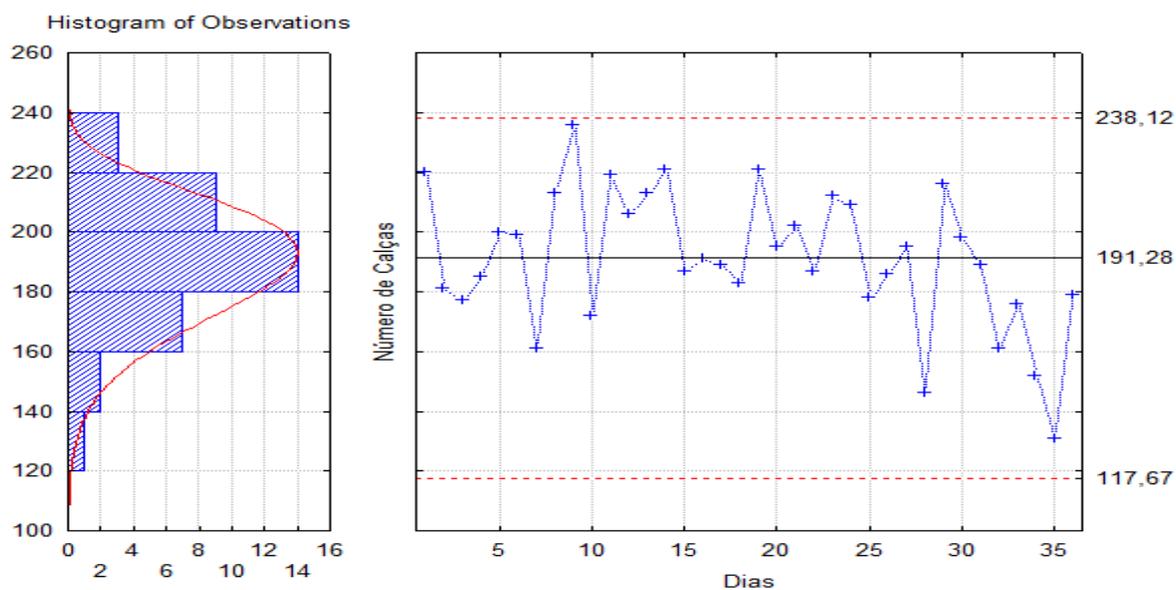


Figura 8: Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade dos dados.

Na Figura 9 apresenta-se o gráfico de controle para os valores individuais.



**Figura 9: Gráfico de controle – Número de calças**

Pode-se observar, por meio do gráfico apresentado na Figura 6, que nenhum dos dados está fora dos limites de controle, assim o processo está sofrendo apenas de causas comuns.

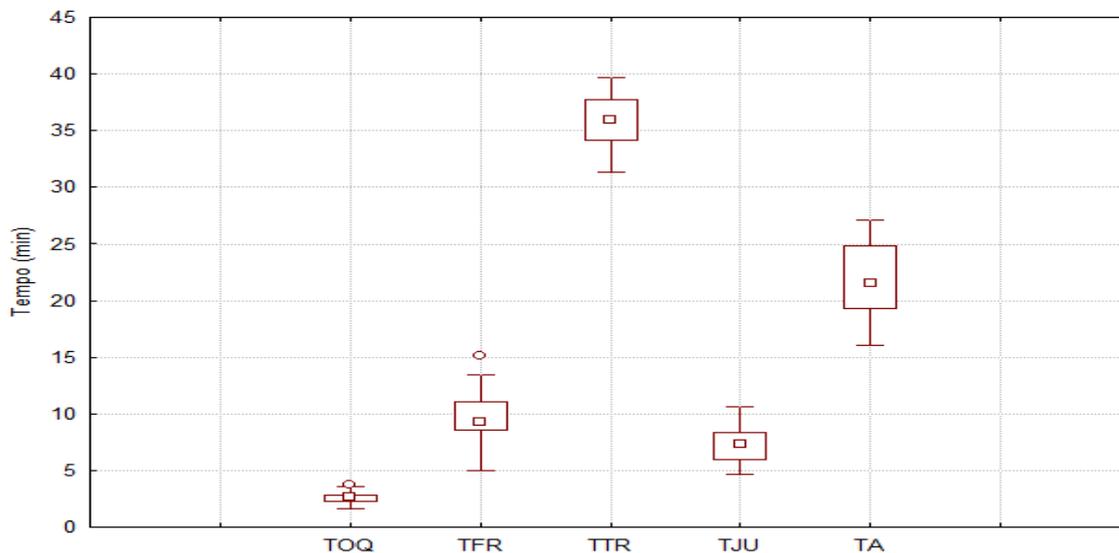
Tratamento dos dados para simulação:

Foi realizada uma avaliação descritiva dos dados coletados na empresa de confecção no software Statistica® versão 11 (Tabela 1).

**Tabela 1: Análise de Dados**

Parâmetro analisado	TOQ	TFR	TTR	TJU	TA
Pontos	30	30	30	30	30
Mínimo (min)	1,1	5	31,3	4,67	16
Máximo (min)	3,76	15	39,67	10,67	27,1
Média (min)	2,63	9,52	35,77	7,31	21,98
Mediana (min)	2,71	9,33	39,96	7,33	21,5
1 Quartil (Q <sup>1</sup> ) (min)	2,24	8,53	34,13	6	19,3
3 Quartil (Q <sup>3</sup> ) (min)	2,82	11,07	37,73	8,4	24,8
Desvio Padrão (min)	0,49	2,28	2,38	1,61	3,1
Coefficiente de Variação (%)	18,52	23,9	6,7	22	14,1

A seguir, aplicou-se a técnica de identificação dos *outliers* nos dados coletados na indústria de confecção. Como se pode observar através dos *boxplots* apresentados na Figura 10 não foram encontrados *outliers extremos*.



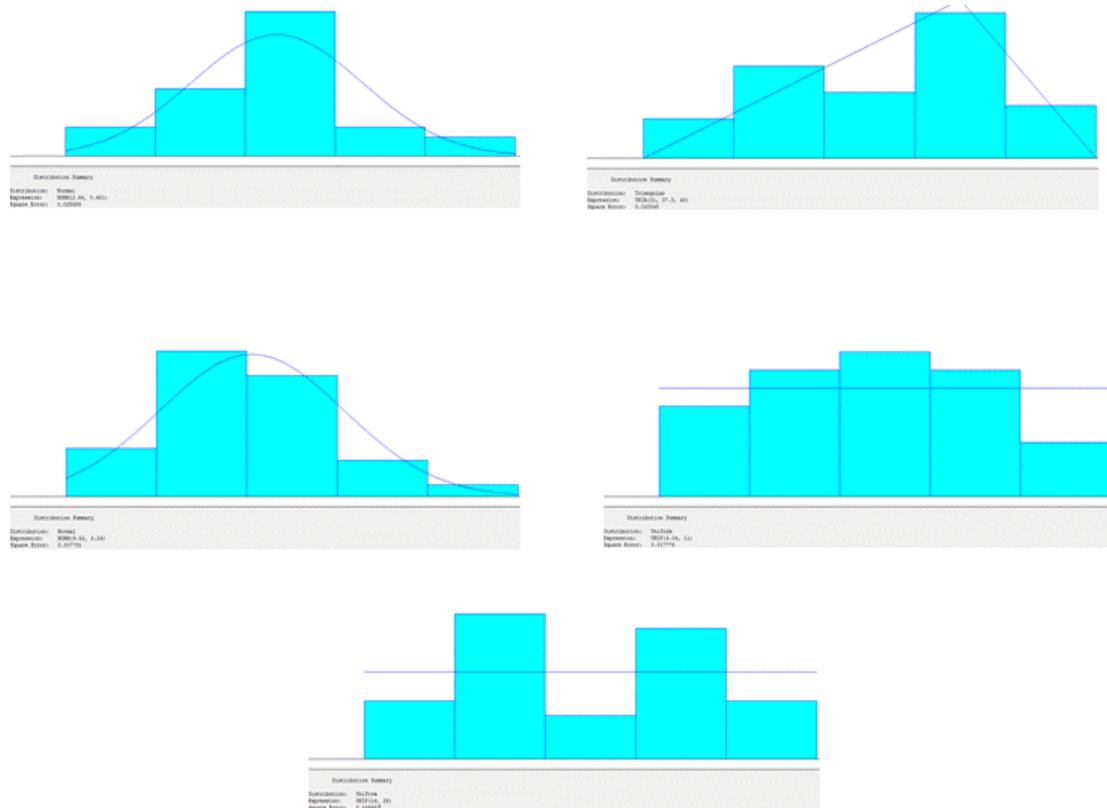
**Figura 10: Boxplots dos valores de produção de calças por turno de trabalho.**

Após a análise dos dados cronometrados no sistema, através de técnicas estatísticas (Marin; Tomi, 2010), o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo. Como os *p-values* dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (Chwif; Medina, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 2, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

**Tabela 2: Distribuição de Probabilidades dos valores produzidos**

Itens	Distribuição (h)
TOQ	NORM(2.64, 0.481)
TFR	NORM(9.52, 2.24)
TTR	TRIA(31, 37.3, 40)
TJU	UNIF(4.06, 11)
TA	UNIF(16, 28)

Na Figura 11 apresentam-se os gráficos das distribuições de probabilidades apresentadas na Tabela 2.



**Figura 11: Distribuições de probabilidade das variáveis analisadas**

### Simulação:

Inicialmente, validou-se o modelo computacional (Figura 12) por meio da técnica face a face, onde o modelo foi executado para os funcionários da confecção que o consideraram correto. Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 3) entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Número de Calças Produzidas em um turno de trabalho (NCP). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

Tabela 3: Dados do Sistema Real e do Modelo

Número de Calças Produzidas - NCP		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
191,28	186,7	0,36

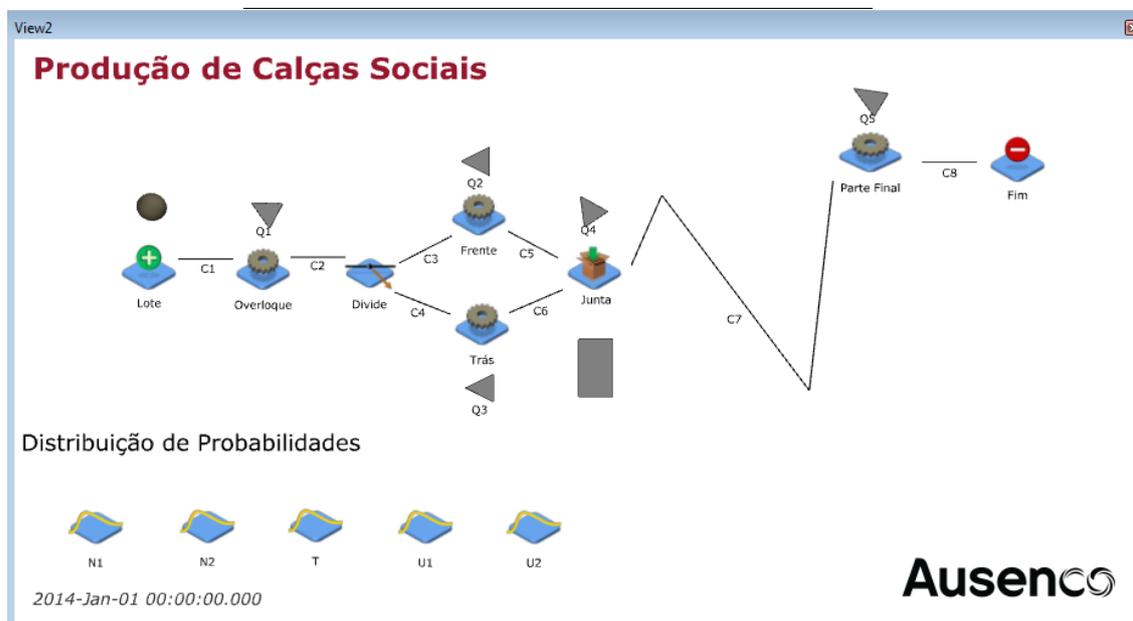


Figura 12: Modelo computacional – JAAMSIM.

Observou-se durante o processo de simulação, do cenário atual da linha de produção de calças sociais, que o “gargalo” principal, do sistema em estudo, está no processo produção da parte posterior das calças (Tabela 4).

Tabela 4: Tempo Médio de Espera na Fila

Processo	Tempo (h)
Overloque	0,305
Montagem - Parte da Frente	0,817
Montagem - Parte de Trás	3,85
Junção	0,152
Acabamento	0,302

Este processo conta com 4 máquinas de costura. Tem-se um tempo médio de espera na fila, dos lotes de 15 calças, de 3,85 horas. Esse resultado foi obtido após 36 replicações. Observou-se, *in loco*, que 2 destas máquinas atendem também diariamente o processo de fabricação do paletó. Portanto, para melhorar o fluxo do processo de fabricação de calças, diminuir a variabilidade da produção, sugere-se que seja adquirido, pela empresa, uma máquina de costura para atender o processo de fabricação dos paletós.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se as metodologias utilizadas para analisar o processo de produção de calças sociais em uma pequena confecção localizada na região oeste paranaense.

Observou-se, inicialmente, por meio de gráficos de controle que o processo está sobre controle estatístico, não apresentando causas especiais. Na sequência, para encontrar as causas comuns da variabilidade na produção das calças em um turno de trabalho, aplicou-se a técnica de simulação computacional. Concluiu-se, por meio desta técnica, que o principal “gargalo” do sistema está no processo de produção da parte de trás das calças, que apresenta um tempo médio de espera dos lotes de 3,85 horas. Constatou-se, que 2 máquinas de costura deste processo atendiam também o processo de confecção de paletós, contribuindo para variabilidade do número de calças produzidas em um turno de trabalho. Recomendou-se, ao gerente de produção da empresa, a aquisição de uma máquina de costura para atender o processo de confecção de paletós.

Cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido não analisou a viabilidade econômica envolvida na separação dos processos de produção de calças e paletós, dessa forma um trabalho futuro poderia vir a explorar essa lacuna.

O assunto não se esgota, com a realização deste trabalho, devendo avançar, a partir do desenvolvimento de um estudo relativo ao comportamento da restrição no sistema. Uma vez que ocorre uma melhoria no “gargalo”, as restrições podem mudar de lugar no sistema. Portanto, deve-se monitorar o processo para assegurar que as melhorias se mantenham e para também detectar oportunidades adicionais de melhorias.

Deve-se destacar ainda que o potencial de uso da simulação é inexplorado em diversos contextos brasileiros, principalmente, em pequenas e médias empresas e que estudos deste tipo contribuem para a aproximação entre a universidade e as empresas, promovendo o crescimento das pequenas empresas da região.

## REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <http://www.abit.org.br/Home.aspx>. Acesso em: 15/04/2009.

ABRAVEST Associação Brasileira do Vestuário. Disponível em: <http://www.abraviest.rg.br/>. Acesso em: 15/04/2015.

ALMEIDA C. S. et al. **Controle estatístico de processos (CEP)**. CEUNSP, 2011.

BANKS, J. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and Practice**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

CAMPOS, V.F. *TQC - Controle da qualidade total (no estilo japonês)*, 2ª ed. Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

CARVALHO MM, PALADINI EP. *Gestão da qualidade: teoria e casos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005. 355p.

CARNEIRO NETO W. *Controle estatístico de processo CEP [CDROM]*. Recife: UPE-POLI; 2003.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo: Brazilian Books, 2007.

CHAMBERS DS, WHEELER DJ. *Understanding statistical process control*. 2.ed. Knoxville: SPC Press, 1992. p.12-20.

COSTA, G. M. **Relações de trabalho na indústria de confecção no Oeste do Paraná: um estudo de caso a partir da fábrica fidelitá em Marechal Candido Rondon-PR**. Dissertação de Mestrado. UNIOESTE, 2011.

DINIZ MG. *Desmistificando o controle estatístico de processo*. São Paulo: Artliber; 2001. p.39-62.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ (FIEP). **Indústria do Vestuário do Paraná**. Curitiba set., 2008. Disponível em <http://www.fiepr.org.br/fiepr/analise/panrama/vestu%C3%A1rio.pdf>>. Acesso em 23 out. 2009.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

KING, D. H. **Open source simulation software 'JAASIM'**. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference. Washington - DC, 2013.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. New York: McGraw- Hill, 2000.

MARIN, T.; TOMI, G. F. C. **Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica del lavra**. Revista Escola de Minas, v.60, 559-562, 2010.

MOREIRA DA. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira; 2004. p.561.

RICCI, M. R. **Sistema Toyota de produção: um estudo na linha de produção em uma indústria de ternos**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, 2013.

SILVA LSCV. Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lacatoplasa: um estudo de caso. [Dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1999.

MARROCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Lisboa. Sílabo, 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. New York: Wiley, 2005.

PALADINI EP. Controle de qualidade: uma abordagem abrangente. São Paulo: Atlas; 1990. p.127-167

PINTON DH. Controle estatístico de processo. São Paulo, Rev IMES 1997; (40):35-8.

PRADO, Darci. **Usando o ARENA em simulação**. v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.

RICCI, M. R. **Sistema Toyota de produção: um estudo na linha de produção em uma indústria de ternos**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, 2013.

SANTOS, J. A. A. et al. **Modelagem, simulação e otimização da dinâmica operacional do processo de embalagem e paletização de sachês de refresco em pó: um estudo de caso.** Revista Espacios, v.34, 2013.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. **Proceedings...**,1998.

SOUZA, A. M.; RIGÃO, H. **Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados.** Revista Produção, v. 15, n. 1, p. 074-086, Jan./Abr. 2005

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2001.