

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E ADMINISTRAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CARLA CRISTIANE DE CAMARGO

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DO PROCESSO DE
MONTAGEM DE CADEIRAS EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA
2016

CARLA CRISTIANE DE CAMARGO

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DO PROCESSO DE
MONTAGEM DE CADEIRAS EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC1.

Orientador (a): Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Carla A. P. Schmidt

MEDIANEIRA

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA



Diretoria de Graduação
Nome da Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DO PROCESSO DE MONTAGEM DE CADEIRAS EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Por

CARLA CRISTIANE DE CAMARGO

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 10:20 h do dia 09 de junho de 2016 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. Almiro Weiss
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. Carla. A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Me. Milton Soares
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nas horas mais difíceis desta caminhada me carregar no colo, por nos momentos de desespero me mostrar que existia uma saída, por nos instantes de desânimo ser a fonte de coragem para prosseguir.

Aos meus pais Alvenira e José Antunes, que fizeram mais que o possível para garantir minha educação e formação, aos meus irmãos José, Clóvis, Joel e Fábio por todo apoio que cada um proporcionou, sou eternamente grata a cada um de vocês.

Ao meu amado Jonata, por todo carinho, paciência e por compreender quando eu não podia estar presente.

Ao meu Prof. Dr. Orientador José Airton Azevedo dos Santos e minha Co-Orientadora Prof. Dra. Carla Adriana P. Schmidt, por todo o apoio, competência e principalmente paciência na orientação deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas, em especial minha amiga Jéssica Dal' Sotto, por toda amizade, companheirismo e apoio durante esta jornada.

Aos meus professores de Engenharia de Produção, por todo conhecimento que transmitiram.

Por fim a empresa que se dispôs a colaborar com o fornecimento dos dados necessários à pesquisa.

"Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino".

Leonardo Da Vinci

RESUMO

CAMARGO, Carla Cristiane de. **Aplicação dos princípios da teoria das restrições e simulação computacional na gestão do processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira.** 2016. (44 folhas). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016

Este trabalho teve como objetivo aplicar os princípios da teoria das restrições e técnicas de simulação computacional na gestão do processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira. No presente estudo são apresentados aspectos conceituais da teoria das restrições e de simulação computacional. O modelo computacional do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software Arena®. Como parâmetro de comparação entre os dados obtidos a partir do sistema e gerados pelo modelo utilizou-se o cálculo do erro médio estimado. De modo geral, os resultados evidenciam que a aplicação dos princípios da teoria das restrições e técnicas de simulação, podem agilizar o tempo de montagem de cadeiras da indústria moveleira.

Palavras-chave: Arena®; Teoria das Restrições; Simulação; Indústria Moveleira.

ABSTRACT

CAMARGO, Carla Cristiane de. **Application of the of the theory of constraints and computer simulation in the management of the chairs of the assembly process in a furniture industry.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Medianeira, 2016.

This study aimed to apply the principles of the theory of constraints and computational simulation techniques in the management of the chairs of the assembly process in a furniture industry. In this study are presented conceptual aspects of the theory of constraints and computer simulation. The computational model of dynamic, discrete and stochastic was implemented in Arena® software. As a comparison parameter between the data obtained from the system and generated by the model was used to calculate the estimated average error. Overall, the results show that the use of the theory of constraints and simulation techniques, can speed up the chairs of assembly time of the furniture industry.

Keywords: Arena®; Theory of Constraints; Simulation; Furniture Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos sistemas para fins de modelagem	15
Figura 2 – Formas para estudo de um sistema	16
Figura 3 – Ciclo da melhoria contínua dos cinco passos	20
Figura 4 – Área de trabalho do Ambiente Arena®.....	22
Figura 5 – Classificação dos tipos de pesquisa.....	23
Figura 6 – Cadeira produzida pela empresa.	25
Figura 7 – Fluxograma do processo de montagem das cadeiras.....	26
Figura 8 - Bancada de lotes dispostos para montagem	27
Figura 9 – Pré-montagem (união com cola)	27
Figura 10 – Pré-montagem (prensa pneumática).....	28
Figura 11 – Pré-montagem (grampeador).....	28
Figura 12 – Estruturas dianteiras à disposição para a próxima etapa.....	29
Figura 13 – Estruturas traseiras à disposição para a próxima etapa.....	29
Figura 14 – União das estruturas traseira e dianteira com cola	30
Figura 15 - União das estruturas traseira e dianteira com prensa pneumática	30
Figura 16 – Alinhamento da cadeira conforme matriz com auxílio de marreta.....	31
Figura 17 – Afixação da cantoneira com cola.....	31
Figura 18 – Afixação da cantoneira com grampo	32
Figura 19 – Estrutura da cadeira com chapéu e travessa	32
Figura 20 – Cadeira em cima da mesa de nivelção	33
Figura 21 – Modelo computacional	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das atividades do processo de montagem	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de probabilidade	39
Tabela 2 – Dados do sistema real e do modelo	39
Tabela 3 – Resultados da simulação dos cenários 1 e 2	40

LISTA DE SIGLAS

E	Erro máximo estimado.
EM	Tempos de Emassar.
GLR	Grau de liberdade considerando o número de replicações do modelo.
ISP	Tempos de Inspeccionar e Nivelar.
MC	Tempos de Montagem Chapéu.
MD	Média dos valores gerados pelo modelo.
ME	Tempos de Montagem Encosto.
MF	Tempos de Montagem Final.
nA	Número de indivíduos da amostra.
PMD	Tempos de Pré-Montagem Dianteira.
PMT	Tempos de Pré-Montagem Traseira.
S	Desvio Padrão.
SE	Erro médio estimado.
SR	Valor obtido a partir do sistema real.
TOC	Teoria das Restrições.
TPMLC	Tempo do processo de montagem de um lote de cadeiras.
$Z_{\alpha/2}$	Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 INDUSTRIA MOVELEIRA.....	13
3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	14
3.2.1 Definições	14
3.2.1.1 Sistemas	14
3.2.1.2 Modelos	16
3.2.1.3 Simulação	17
3.3 POR QUE SIMULAR?	18
3.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC).....	19
3.5 O SOFTWARE ARENA	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 PLANO DE TRABALHO	24
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	25
4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	26
4.4 COLETA DOS DADOS	35
4.5 TAMANHO DA AMOSTRA	35
4.6 VALIDAÇÃO DO MODELO	36
4.7 ANÁLISE DOS DADOS	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES:.....	38
5.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	39
6 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A grande competitividade que é imposta pelo mercado globalizado requer que as instituições invistam cada vez mais em sistemas que sejam altamente eficientes. As empresas buscam ampliar sua participação no mercado e realizam investimentos para que isso seja possível, bem como procuram retirar o máximo possível de rendimento dos recursos que tem disponível (OLIVEIRA, 2007).

A intensificação da concorrência entre os mercados existentes vem ganhando destaque nos últimos anos, isto ocorre tanto nas empresas nacionais como nas empresas internacionais. O fato de o mundo estar se tornando uma ideia global com tamanha rapidez é uma das causas deste aumento de concorrência (SLACK *et al.*, 2002).

Para Tubino (2000), a empresa que não adequar seus processos produtivos para a melhoria contínua da produtividade, não terá espaço neste sistema globalizado. As empresas de hoje devem investir em processos flexíveis de produção, que conte com rapidez no projeto e inserção de novos produtos, com estoques reduzidos que atendam às necessidades dos clientes, e com *lead times* otimizados. Deste modo as empresas estão fazendo uma revisão crítica sobre seus padrões de operações, de maneira que passa a existir um gerenciamento cada vez maior da produção (DIAS, 2008).

Toda e qualquer organização quer tornar seu processo produtivo mais eficiente. Para que isso aconteça faz-se necessário o uso de técnicas que auxiliem os gestores na tomada de decisões, tornando o processo produtivo melhor estruturado, para que se tenha uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

Tomar decisões estratégicas, requer uma análise bem detalhada dos processos, ainda mais se as alternativas disponíveis não são totalmente previsíveis. Estas decisões, na maioria das vezes, implicam em consequências financeiras, que podem ser de grande relevância.

Existem ferramentas que são de grande importância para que se consiga garantir uma certa segurança na tomada de decisões, para Pereira (2011), uma delas é a simulação computacional, que se mostra muito eficiente e eficaz, pois é capaz de trazer a realidade para um ambiente controlado, assim é possível estudar seu comportamento, em diversas situações, isso tudo sem correr o risco de

envolver grande monta ou qualquer recurso físico.

Para que se realize um processo de mudança buscando a melhoria, é necessário que antes esta mudança passe por uma avaliação técnica que mostre os problemas e as vantagens que poderão surgir. Muitas vezes essas avaliações são realizadas através do uso de *softwares* de simulação (PRADO, 2010)

Para Harrell *et al* (2000), a simulação computacional tem grande importância no processo de manufatura, pois se destaca como uma boa ferramenta de planejamento gerencial, podendo contribuir com a empresa de diversas formas, tais como: na análise de métodos, no controle da produção, na previsão de gastos, no planejamento do supply chain, controle sobre estoques em processo, entre outras tantas atividades.

Além, da excelente ferramenta que é o software de simulação, pode-se contar com outras técnicas afim de deixar o processo ainda melhor gerenciado, uma delas é a Teoria das Restrições, esta técnica traz uma proposta de gerenciamento das limitações produtivas. De acordo com Santos (2007), as empresas possuem restrições de ordem física (gargalos) e políticas, que na maioria das vezes comprometem seu desenvolvimento e propósito de conquistar suas metas.

Considerando os fatores evidenciados nesta seção, percebe-se a importância desta pesquisa para uma futura proposta de melhoria no processo a ser estudado. O interesse por este trabalho está totalmente ligado a conquista de conhecimento e colaboração para que a empresa tenha uma melhor utilização e gerencia dos recursos disponíveis.

Deste modo, este estudo vem propor uma aplicação conjunta da Teoria das Restrições e Simulação computacional afim de buscar a eliminação das restrições do sistema e um melhor gerenciamento do processo produtivo.

2 OBJETIVOS

Nesta seção estão dispostos os objetivos geral e específicos deste trabalho, evidenciando quais os principais pontos que esta pesquisa pretende abranger.

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação computacional e da teoria das restrições, o processo de fabricação de cadeiras em uma indústria moveleira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar e detalhar o fluxo do processo estudado;
- b) Coletar os dados e fazer os tratamentos estatísticos necessários
- c) Desenvolver e apresentar um modelo computacional;
- d) Realizar a análise e fazer comparativos dos cenários obtidos;
- e) Propor adequação ou melhorias no processo, se necessárias.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção expõe a fundamentação da base teórica do estudo em questão, conceitos teóricos sobre, indústria moveleira, simulação e teoria das restrições. Sendo estas apresentadas de forma a trazer um melhor entendimento destas definições ao leitor.

3.1 INDÚSTRIA MOVELEIRA

A indústria moveleira é uma das mais antigas indústrias que existe, a técnica de serrar, modelar, lixar e pintar a madeira para transformá-la em móveis já era aplicada por carpinteiros e artesões da idade antiga. Este método ganhou um avanço considerável depois da revolução industrial, quando o processo ficou mais rápido e prático pela utilização das máquinas, isso trouxe economia de tempo, esforços e aumento de produtividade (LOUREIRO, 2011).

No Brasil, a indústria moveleira encontra-se com mais intensidade nas regiões sul e sudeste, este setor teve um avanço significativo na década de 1990, quando foi feito um investimento para aquisição de equipamentos importados que favoreceram um aumento expressivo na produção e com isso também se teve uma padronização dos itens em nível internacional (COELHO; BERGER, 2004)

De acordo com Gorini (1998) as indústrias moveleiras ganham destaque devido a pequena estrutura de suas empresas, sendo que as pequenas e microempresas representam 88% do total de indústrias, 33% do total de empregos e 16% do valor bruto da produção industrial.

Segundo Leão e Naveiro (2009), uma característica peculiar deste setor é o excesso de verticalização, devido aos muitos processos tecnológicos envolvidos nas várias etapas de uma mesma planta industrial.

O cenário atual brasileiro conta com mudanças significativas, devida a variação da economia no país, com isso este setor encontra um desafio em se adaptar às novas condições comerciais que a economia brasileira estabelece e também ao mercado mundial.

3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Frequentemente encontra-se problemas cuja complexidade não permite resolvê-los por algum método analítico, deste modo é necessário recorrer a ferramentas que permitam observar como se comporta um determinado sistema, a simulação computacional pode ser de grande importância nesses casos. (MAIA, 2008)

A simulação computacional é uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões, devido ao alto grau de eficácia que esta técnica de gestão proporciona. Segundo Prado (2009), é um modo de imitar como seria o funcionamento de um sistema real. Com o auxílio de programas de computador é possível construir modelos onde se pode visualizar na tela, tal como um filme, o funcionamento do sistema estudado.

3.2.1 Definições

Nesta seção serão expostas algumas definições de simulação computacional, Teoria das restrições e demais conceitos utilizados na pesquisa para um melhor entendimento e assimilação da proposta que este trabalho engloba.

3.2.1.1 Sistemas

Um sistema é um conjunto de entidades (seres ou máquinas) que atuam e se relacionam com algum propósito lógico. Banks *et al.* (1996), define sistema como sendo a reunião de interação ou interdependência regular de um grupo de objetivos, para alguma finalidade lógica. Pode-se definir sistemas como “um grupo de componentes que recebem estímulos ou entradas (*inputs*) e produzem respostas ou saídas (*outputs*)” (FREITAS FILHO, 2008 p.45).

Prado (2009), afirma que o termo “sistemas” é usado em tantas situações

que se torna difícil estabelecer uma definição suficientemente ampla e sucinta, para que ainda continue útil. Assim uma boa definição para sistemas é um conjunto de objetos que possuem algum tipo de interação ou interdependência.

Para Bateman *et al.* (2013), sistemas são um conjunto de elementos que atuam de maneira a ter uma inter-relação com a finalidade de desenvolver funções orientadas para alcançar objetivos em comum. Um sistema pode ser, por exemplo, uma agência bancária, onde se encontram os envolvidos que seriam os clientes, atendentes, caixas eletrônicos, etc.

Para Freitas Filho (2008), a classificação dos sistemas para modelagem e simulação se distingue entre: estáticos ou dinâmicos, contínuos ou discretos, ou também, como determinísticos e aleatórios. Isso pode ser melhor visto no esquema abaixo.



Figura 1 – Classificação dos sistemas para fins de modelagem
Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008).

Law e Kelton (2000), evidenciam a importância de se estudar os sistemas para verificar algumas suposições de relacionamentos entre os vários componentes ou até mesmo para prever qual será o desempenho do sistema quando colocado uma nova condição. Uma representação das diferentes maneiras que existem para estudar um sistema está representado na Figura 2.

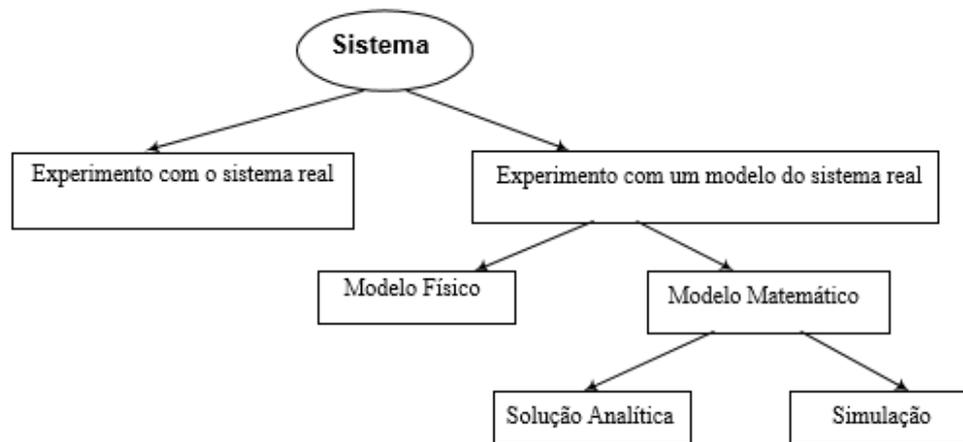


Figura 2 – Formas para estudo de um sistema
Fonte: Law e Kelton (2000)

Na maioria das vezes é inviável aplicar o experimento logo no sistema real, pois isso traria muitos riscos ao processo, o usual é aplicar um experimento em um **modelo** do sistema real, assim pode se ter uma prévia das consequências que esse experimento trará e também prever os riscos existentes ao se inserir novas condições (CHWIF; MEDINA, 2010).

3.2.1.2 Modelos

Na seção anterior percebe-se muitas vezes a menção da palavra modelo, esta seção vai tratar então sobre a definição de modelo.

Modelo é a reprodução do sistema. “Um modelo é uma representação de um objeto, sistema ou ideia em alguma outra forma que não a própria entidade” (SHANNON, 1975, p.123)

De acordo com Soares (1990), os modelos são uma representação do sistema, e embora tenham uma dependência do problema a se resolver para serem construídos, requerem uma estrutura organizada qualquer. Para tanto existe uma linguagem que fornece essa estrutura, a compilação desta linguagem é que vai traduzir a descrição de um sistema para que possa ser inserido em um sistema computacional.

Para a construção do modelo é necessário que se faça uma seleção das variáveis mais significativas, deste modo é possível ter uma maior precisão na

previsão e explicação dos fenômenos. Apesar de precisar de um número considerável de variáveis para ter exatidão na previsão, apenas uma pequena parcela destas variáveis é que define a maior parte dele. Portanto a descoberta das variáveis certas e a relação entre elas é que vai fazer a diferença no processo de modelagem (ACKOFF; SASIENI, 1977).

3.2.1.3 Simulação

São várias as definições para simulação, e muitos autores tem opiniões muito parecidas para o assunto. De acordo com Schriber (1974), citado por Freitas Filho (2008, pg. 21), “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

Segundo Law; Kelton (2000), simulação é uma imitação de um sistema existente, modelado de forma computadorizada, para avaliar e aplicar uma possível melhoria do seu desempenho. Montevechi et al (2008), afirmam que a simulação traz a realidade para o ambiente controlado de maneira que se tenha a possibilidade de estudar seu comportamento sob vários aspectos, sem ter algum risco físico ou financeiro significativo.

Para Pegden *et al.* (1990), simulação é a técnica de planejar um modelo computacional de um sistema existente e estruturar experimentos com este modelo com o intuito de entender seu comportamento e/ou determinar mecanismos para sua ação.

Segundo Freitas Filho (2008) a simulação deve ser utilizada quando existir uma das seguintes condições:

- a) Não existir uma formulação matemática completa para o problema;
- b) Existe mais facilidade de chegar ao resultado com a simulação do que com um modelo analítico;
- c) Não existe competência pessoal para resolver os problemas por meio numérico ou analítico;
- d) Necessidade de observar o processo no todo, do início ao fim, mas não tendo a necessidade de se apegar a pequenos detalhes;

- e) Observar e analisar possibilidades que os sistemas reais ainda não possuem.

3.3 POR QUE SIMULAR?

Interromper o fluxo de uma linha de produção para fazer modificações ou experimentos pode gerar altos custos a instituição, esta é uma razão para optar pela simulação computacional. A simulação permite que questões do tipo: “como seria se?” possam ser respondidas sem gerar grandes transtornos e despesas, pois as modificações do sistema são todas realizadas no computador. (BATEMAN et al., 2013)

O método da simulação e seus princípios básicos são, em geral, de fácil compreensão e justificativa, tanto para usuários quanto para os gestores que tem o papel de tomar a decisão de aplica-lo em seus projetos. (FREITAS FILHO, 2008)

Esta ferramenta pode conceder muitas vantagens a organização, no entanto é válido ressaltar o entendimento da mesma pelo usuário. Gavira (2003, pg. 68), ressalta a importância do conhecimento da ferramenta pelo gestor.

Um erro cometido por alguns analistas e usuários de simulação consiste em considerar a simulação apenas como uma simples cópia da realidade ou como um exercício de programação em computador. Por causa desse tipo de pensamento, muitos estudos de simulação têm sido compostos de verificações e validações insuficientes. A simulação é uma poderosa ferramenta de avaliação de cursos de ações, mas que requer um grande esforço metodológico e um rigoroso estudo estatísticos para levar a conclusões satisfatórias.

A simulação é uma ferramenta eficaz, todavia o usuário deve ter conhecimento avançado sobre a mesma para garantir que os resultados obtidos sejam satisfatórios e seguros.

3.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

De acordo com Alvarez (1995), a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints*) está relacionado ao trabalho de Eliyahu Goldratt. A relação de Goldratt com a administração da produção, teve início com o desenvolvimento de um software de programação da produção, o OPT (*Optimized Production Technology*), que foi lançado no final da década de 70. Com o lançamento das novas versões do software, foram sendo formalizados os conceitos inovadores de administração da produção que surgiram durante este período.

Alguns autores definem o termo restrição, para Lunkes (2007, p. 99), “a restrição é a atividade com menor capacidade da cadeia de valor, porque limita a capacidade global da empresa”. Já Corbett Neto (1997, p. 39), tem como restrição “qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta”.

Segundo Goldratt e Fox (1992), a empresa é um sistema tangível em que o desempenho depende do modo como interagem seus diversos processos. A existência de filas de espera ou tempos muito longos de processamento pode ser um indicativo de restrição.

Ainda segundo o autor as restrições são consideradas partes inerentes do processo. Uma restrição é qualquer fator limitante que impede o sistema de atingir a sua meta. As restrições não são boas nem ruins, elas apenas existem e cabe ao gestor saber como administrá-las. Se este ignorá-las, estas restrições tendem a limitar a empresa prejudicando os ganhos, se reconhecer e administrar elas se tornam boas, tendem a contribuir para o ganho (FERREIRA, 2007).

Toda a organização segundo a TOC deve apresentar pelo menos uma restrição, caso contrário, sua produção seria infinita.

Guerreiro (1999), informa que as restrições podem ser de duas ordens. De ordem política, nesse caso a restrição não é física, ela é pautada em normas, procedimentos e condutas baseadas em práticas culturais. A restrição se não for de ordem política será uma restrição de recurso, esta compreende os aspectos físicos da organização como, por exemplo, recursos de mercado, fornecedores, máquinas, materiais, mão-de-obra ou de capital.

Em seu livro a meta Goldratt e Cox (1997) utilizam uma analogia dos

sistemas produtivos, estes se comportariam tal qual uma corrente. Cada processo está interligado a outros como elos de uma corrente e da mesma forma que a corrente tem um elo mais fraco, a organização tem um processo de menor capacidade, o gargalo, processo que limita todo o sistema. Conseqüentemente apenas a melhoria do elo mais fraco proporcionará uma real melhoria ao sistema.

A Teoria das restrições apresenta duas abordagens para eliminar as restrições do sistema, no caso de a restrição ser de ordem política um método de processo de raciocínio para abordar o problema. Para o caso de as restrições serem físicas a TOC elaborou um método chamado Processo de Aprimoramento Contínuo (GOLDRATT; COX, 1997).

O aprimoramento contínuo segue algumas etapas que são necessárias segundo este método.

O processo de focalização em cinco etapas é um método de aprimoramento contínuo, que determina o modo de explorar as restrições do sistema de forma a conseguir melhorias no despenho da organização.

Para Sabbadini (2005) o processo de melhoria contínua pode ser identificado em metodologias como o de focalização. Este método consiste em identificar a meta global do sistema, propor parâmetros de melhoria, identificar a restrição do sistema e gerenciá-la, subordinar os demais recursos à restrição. Finalmente reavaliar sistematicamente os resultados e reiniciar o ciclo, através desse sistema se obtém a melhoria conforme se observa na Figura 3.

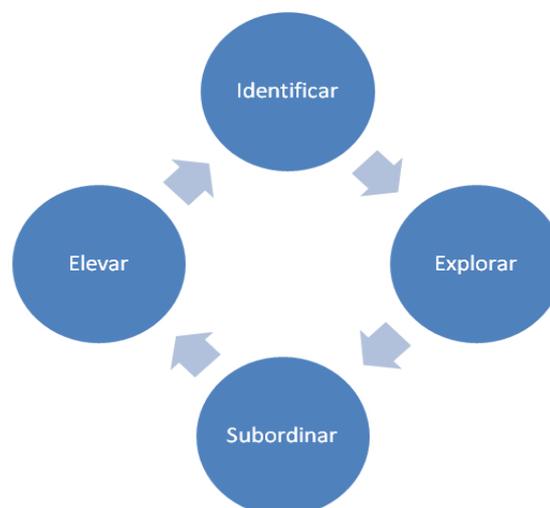


Figura 3 – Ciclo da melhoria contínua dos cinco passos
Fonte: Sabbadini (2005, p.65).

O processo de focalização dos cinco passos é descrito abaixo conforme (GOLDRATT; COX, 1997):

1. Identificar a restrição do sistema;
2. Decidir como explorar a restrição;
3. Subordinar todos os recursos não restritivos as restrições;
4. Elevar a restrição;
5. Se a restrição se deslocar não permitir que a inércia se instale, retornar ao passo 1.

O quinto e último passo mostra a importância de reavaliar todo sistema, quando ocorre a elevação da capacidade da restrição. Isto porque, com essa elevação, a restrição do sistema agora pode ter se deslocado e assim ser outro recurso que anteriormente não era identificado como restrição. (PERGHER et al., 2011)

3.5 O SOFTWARE ARENA

Entre as ferramentas de simulação existentes no mercado, tem-se o software Arena®, que é um ambiente que engloba lógica e animação como instrumentos de análise. A parte lógica envolve a montagem do programa pela utilização de comandos do Arena®; e a parte de animação consiste na introdução de desenhos e símbolos que representam as estações de trabalho e as trajetórias destas entidades.

De acordo com a empresa Paragon (2005), o programa nasceu em 1993, pela integração das linguagens SIMAN e CINEMA em um ambiente único de simulação. O SIMAN é uma linguagem desenvolvida para computadores pessoais (PCs) inspirada na linguagem GPPS usada em computadores de grande porte, de 1982. O pacote de simulação CINEMA, de 1990, integrado ao SIMAN apresenta uma representação animada do funcionamento do sistema.

No processo de modelagem utilizando o simulador Arena®, o modelo é programado e codificado com base na linguagem de simulação SIMAN através da

seleção dos módulos que contêm as características dos meios a serem modelados, como, a entrada de um produto (Módulo Create), o seu processamento (Módulo Process) e sua saída do processo (Módulo Dispose) (ALVES, 2012).

Na Figura 4 apresenta-se o ambiente de trabalho do software Arena®.

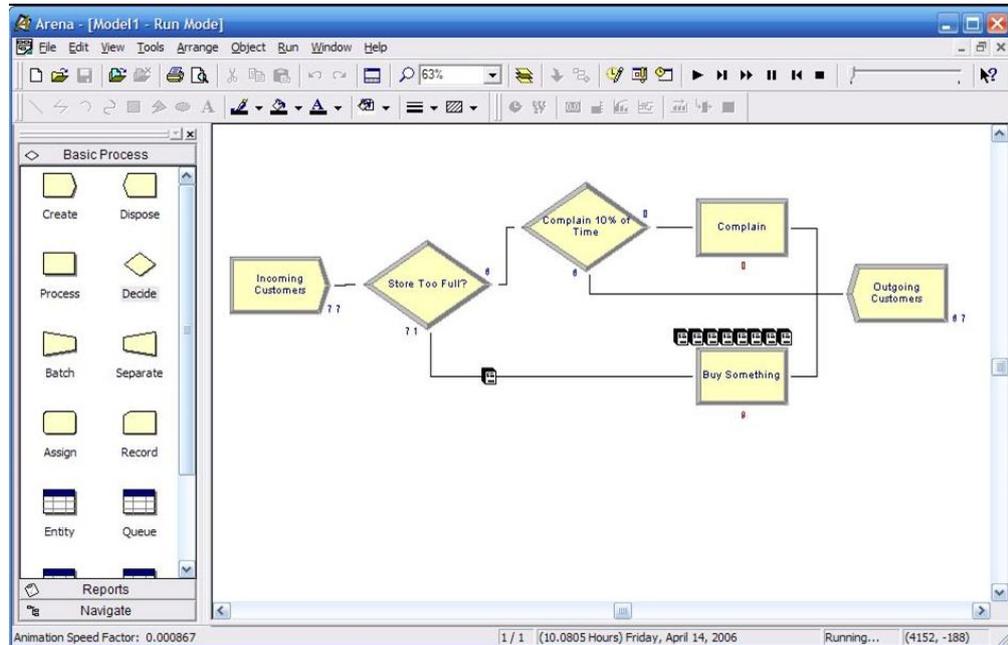


Figura 4 – Área de trabalho do Ambiente Arena®
Fonte: Alves (2012)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Sabe-se que a metodologia científica trata do estudo dos métodos e instrumentos necessários para a realização do trabalho científico, unindo um conjunto de mecanismos e técnicas inerentes à produção científica.

A pesquisa possui uma classificação, na qual são definidos sua natureza, seus objetivos, a forma de abordagem do problema e seus procedimentos técnicos utilizados. Isso pode ser mais bem observado a seguir, na Figura 5.

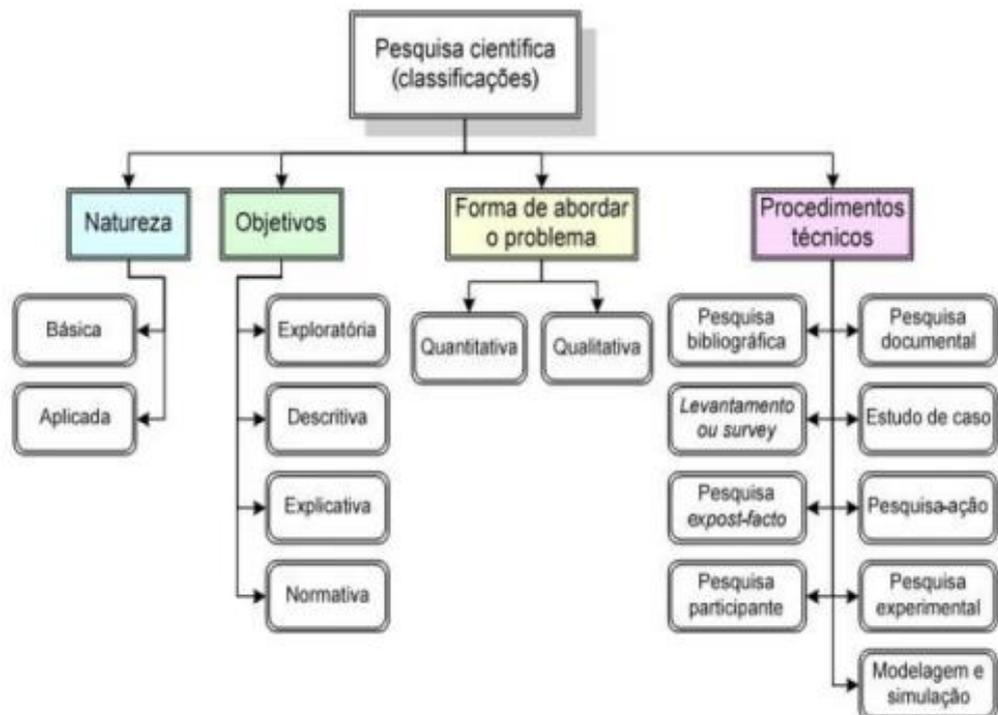


Figura 5 – Classificação dos tipos de pesquisa
Fonte: Silva; Menezes (2005)

A presente pesquisa classifica-se como de natureza aplicada, já que os resultados poderão ser aplicados para o melhoramento do processo, Segundo Marconi e Lakatos (2013), uma pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático quando os resultados podem ser aplicados ou utilizados diretamente na solução de problemas.

Quanto ao objetivo, se caracteriza como sendo descritiva, pois existem procedimentos que devem ser esclarecidos, como o processo de fabricação e até mesmo os eventos de simulação que serão realizados.

A abordagem do problema é quantitativa, pois envolve a análise e tratamento estatístico dos dados que serão obtidos através de cronometragem. Bisquerra et al (2004), defende que a caracterização de método quantitativo se dá pelo emprego da quantificação tanto na coleta dos dados e informações necessários, quanto no tratamento destes dados através de técnicas estatísticas.

E por fim, a pesquisa caracteriza-se como estudo de caso, de acordo com Severino (2007), por se tratar de um caso particular onde a coleta de dados é feita sem qualquer alteração das condições naturais onde o evento ocorre.

4.1 PLANO DE TRABALHO

O planejamento para o trabalho com simulação deve ser bem elaborado e deve se tomar alguns cuidados, principalmente com o que se deseja produzir, para que seja possível alcançar o objetivo final, é habitual nas primeiras abordagens, quando não existe uma definição completa do problema, que se imagine um cenário muito mais amplo do que realmente é (PRADO, 2010).

Por isso é fundamental uma análise bem aprofundada do cenário a ser estudado, o que possibilitará maior segurança na montagem do problema, assim podendo garantir um modelo que esteja realmente de acordo com o cenário real.

De acordo com Freitas Filho (2008), é comum que se encontre duas situações básicas: a existência ou a possibilidade de obtenção dos dados e também a inexistência ou impossibilidade de se obter os dados. Para este estudo está de acordo a primeira opção, pois existe um cenário concreto do qual foram coletados os dados inerentes a pesquisa.

A obtenção dos dados deve ganhar uma maior atenção, pois uma coleta inadequada dos dados que serão utilizados pode comprometer todo o trabalho, desta forma, para garantir dados confiáveis é essencial que se conheça o processo nos seus detalhes e que este seja analisado de maneira minuciosa.

Para esta pesquisa, a análise iniciou-se com a observação do local de

trabalho onde foi realizada a coleta dos dados. Realizou-se mais de uma medição em dias distintos, para que houvesse uma uniformidade na amostra.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo se localiza no oeste do Paraná e iniciou suas atividades em 1966, tendo seu trabalho voltado para o beneficiamento, indústria, comércio, importação e exportação de madeiras nobres.

A empresa teve grande importância para a colonização, desenvolvimento e geração de renda para a região em que se localiza. Sendo na época uma das primeiras indústrias a se fixar na cidade onde se instalou.

A partir da década de 90 a empresa começou a produzir e comercializar móveis, com uma sofisticada linha de salas de jantar voltada para atender tanto o mercado brasileiro quanto o exigente mercado internacional. Deste modo a empresa se adequou a realidade do mercado, conquistando seu lugar em meio a grande competitividade do setor.

Priorizando a qualidade e satisfação dos clientes, a empresa criou um portfólio de produtos, incluindo cadeiras (Figura 6), poltronas, mesas, sempre mantendo o bom gosto e design exclusivo.



**Figura 6 – Cadeira produzida pela empresa.
Fonte: Empresa em estudo, 2016.**

4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de fabricação da cadeira, objeto deste estudo, é constituído de várias etapas e pode ser melhor compreendido com o fluxograma do processo que se encontra na sequência, na Figura 7.

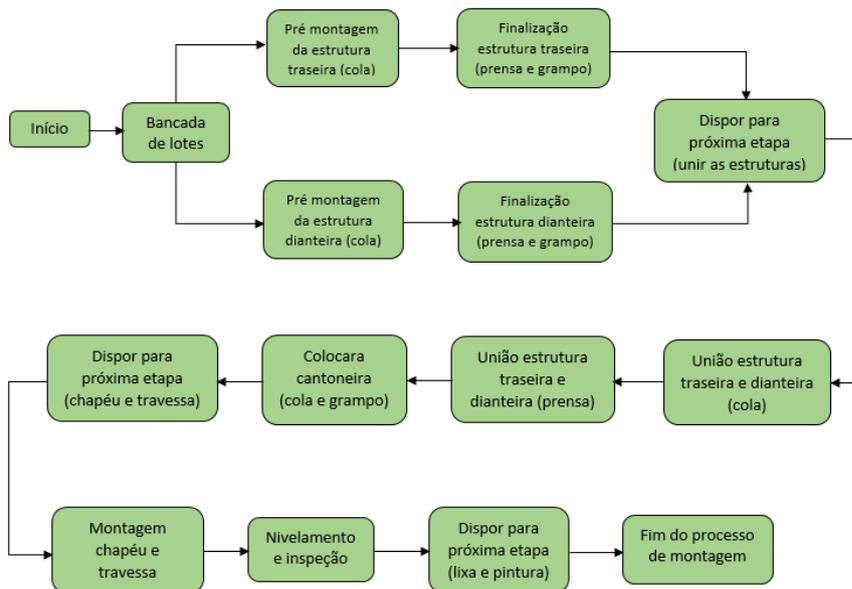


Figura 7 – Fluxograma do processo de montagem das cadeiras
Fonte: O autor

O trabalho de montagem das cadeiras é realizado por quatro funcionários, dois deles realizam a parte de pré-montagem e finalização das estruturas traseira e dianteira e os outros dois se incumbem de unir essas estruturas, colocar o chapéu e a travessa e finalizar o processo. As Figuras 8 a 22 representam, de modo ilustrativo, as etapas do processo.



Figura 8 - Bancada de lotes dispostos para montagem
Fonte: O autor



Figura 9 – Pré-montagem (união com cola)
Fonte: O autor



Figura 10 – Pré-montagem (prensa pneumática)
Fonte: O autor



Figura 11 – Pré-montagem (grampeador)
Fonte: O autor.



Figura 12 – Estruturas dianteiras à disposição para a próxima etapa
Fonte: O autor.



Figura 13 – Estruturas traseiras à disposição para a próxima etapa
Fonte: O autor.



Figura 14 – União das estruturas traseira e dianteira com cola
Fonte: O autor.



Figura 15 - União das estruturas traseira e dianteira com prensa pneumática
Fonte: O autor.



Figura 16 – Alinhamento da cadeira conforme matriz com auxílio de marreta.
Fonte: O autor.



Figura 17 – Afixação da cantoneira com cola
Fonte: O autor.



Figura 18 – Afixação da cantoneira com grampo
Fonte: O autor.

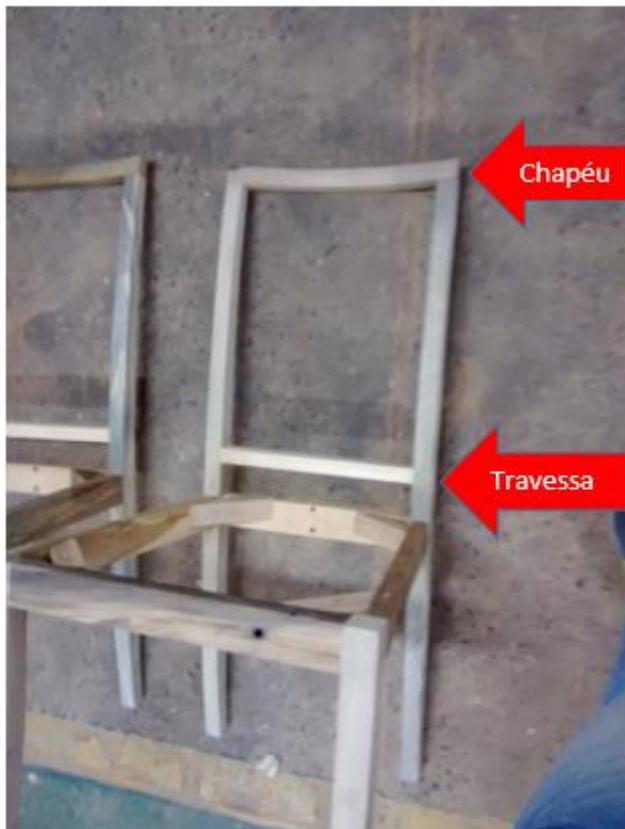


Figura 19 – Estrutura da cadeira com chapéu e travessa
Fonte: O autor.



Figura 20 – Cadeira em cima da mesa de nivelção
Fonte: O autor.

Para que o procedimento de montagem das cadeiras fique claro em todas as sua etapas o Quando 1, a seguir, dispõe a descrição detalhada de cada fase deste processo.

Atividade	Descrição do processo
Bancada de Lotes	Primeiramente o funcionário pega o lote de peças na bancada de lotes e dispõe essas peças em sua bancada, organizando de modo que os furos fiquem para cima para facilitar a próxima etapa.
Pré-montagem da estrutura traseira/dianteira	Nesta etapa o funcionário passa a cola na espiga e nos furos e faz o encaixe das estruturas.
Finalização da estrutura traseira/dianteira	Após o encaixe da estrutura, esta é alocada para prensagem em prensa pneumática para garantir a firmeza da peça, depois de prensada a peça é grampeada, inspecionada e disposta para a próxima etapa.
União das estruturas traseira e dianteira (cola)	Para a união das estruturas outro funcionário pega uma estrutura traseira e uma dianteira e dispõe em sua bancada de maneira que facilite a aplicação da cola nos lugares adequados, depois de passar a cola o funcionário faz o encaixe das estruturas.
União das estruturas traseira e dianteira (prensa)	Feita a união a estrutura é prensada em prensa pneumática, e o funcionário remove o excesso de cola, em seguida e se necessário ele ajusta a estrutura com o auxílio de uma marreta para que se alinhe à matriz.
Colocar a cantoneira	A cantoneira é colocada logo abaixo do assento da cadeira unindo as partes do assento para garantir firmeza, nesta etapa o funcionário passa cola nas superfícies que quer unir, coloca a peça no lugar adequado e logo após grampeia a peça. A seguir a estrutura é disposta para a próxima etapa.
Montagem Chapéu e travessa	Para a montagem da travessa e do chapéu o outro funcionário que é encarregado da finalização do processo pega uma estrutura, uma travessa e um chapéu que se encontram próximos, passa cola nas espigas das peças e as encaixa na estrutura.
Nivelamento e inspeção	Na inspeção o funcionário verifica se não há inconformidades na estrutura, caso exista ele repara, o nivelamento é feito colocando a cadeira sobre uma mesa de vidro e verificando se existe algum desnível dos pés da cadeira, caso exista o funcionário repara com lixadeira que fica próxima à mesa. Tendo os pés nivelados a cadeira é alocada em estoque próximo a bancada para o próximo processo.

Quadro 1 – Descrição das atividades do processo de montagem

Fonte: O autor

4.4 COLETA DOS DADOS

A metodologia proposta pôde ser aplicada através da visita a indústria. Inicialmente fez-se a observação do ambiente de trabalho, onde foi possível avaliar a dinâmica de como as atividades são desenvolvidas e a ordem dos procedimentos fabris. Diante desta observação, então foi possível iniciar a coleta de informações e dados necessários à pesquisa.

O procedimento de coletas de dados se deu por meio de entrevistas, arquivos fotográficos e também por medições que foram essenciais para análise de simulação.

Para a pesquisa, tornou-se indispensável a utilização de alguns materiais como um cronometro portátil, um notebook com os programas necessários instalados, além de materiais de apoio para as anotações.

No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: tempos da Pré-Montagem Traseira (PMT); tempos de Pré-Montagem Dianteira (PMD); tempos de Montagem Final (MF); tempos de Montagem do Chapéu (MC); tempos de Montagem do Encosto (ME); tempos de Emassar (EM) e tempos de Inspeccionar e Nivelar (ISP).

Esta pesquisa realizou-se no segundo semestre de 2015, diante da autorização do proprietário e sócio gerente da empresa, contando com a orientação do responsável pelo setor.

4.5 TAMANHO DA AMOSTRA

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foram obtidas para um nível de confiança de 95%, através da Equação (1) (MORROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (1)$$

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.

4.6 VALIDAÇÃO DO MODELO

No processo de validação são comparados os resultados reais aos simulados. Este processo foi realizado através do cálculo do erro médio estimado (Equação (2)):

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

Onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo;

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

Observa-se que quanto menor o erro médio estimado, mais ajustados estão os resultados do modelo com os resultados reais.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados gerados na simulação devem ser analisados e avaliados. Eles devem corresponder de maneira aproximada à realidade do sistema. Devido aos resultados é possível avaliar a situação do sistema em estudo e propor melhorias, diferenciando cenários e ponderando pontos positivos e negativos de cada um.

Os dados foram analisados com a ferramenta Input analyzer (analisador de dados de entrada) do software ARENA®. Esta ferramenta permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

A simulação da dinâmica operacional do processo foi realizada com o software ARENA®, e os resultados analisados nas ferramentas Output Analyzer e Process Analyzer.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conceito chave da TOC refere-se à restrição, ou seja, o fator que restringe a atuação do sistema como um todo. Segundo Alves et al. (2014) podem ser encontradas várias restrições, porém os esforços de melhoria devem ser concentrados na mais crítica. A restrição mais crítica, encontrada no sistema, foi o Tempo do Processo de Montagem. Com o tempo despendido atualmente (98,4 minutos) é impossível fabricar 3 lotes de cadeiras (90 cadeiras) em meio turno de trabalho (4 horas).

Depois de identificada a restrição todos os esforços foram direcionados para diminuir o Tempo Médio do Processo de Montagem. Para avaliar as alternativas de redução deste tempo, elevar a restrição, utilizou-se de técnicas de Simulação Computacional.

5.1 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES:

Após identificada a restrição do sistema e definido a utilização de simulação para explorar a restrição, o passo seguinte foi determinar as distribuições teóricas de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta Input Analyzer do Arena®. Como os p-values dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnov foram maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF; MEDINA, 2010), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 1, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 1 - Distribuição de probabilidade

Itens	Distribuição
PMT	TRIA(147,60.1,63) s
PMD	UNIF(108,199) s
MF	NORM(163,12.4) s
ISP	9+WEIB(12.8,1.56) s
MC	25+GAMMA(3.69,1.88) s
ME	TRIA(47,54,7,81) s
EM	TRIA(50,90.2,184) s

Fonte : O autor

5.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Inicialmente, a validação, do modelo computacional (Figura 8), foi realizada por meio da técnica face a face onde o modelo foi executado para os funcionários da indústria moveleira que o consideraram correto (SARGENT, 2012). Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 2) entre o tempo médio obtido do sistema real com o tempo médio gerado pelo modelo para a variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de 30 Cadeiras (TPMLC). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

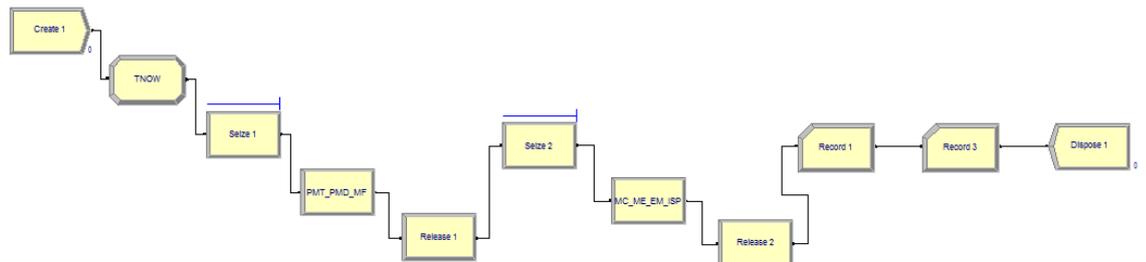


Figura 21 – Modelo computacional

Fonte: O Autor

Tabela 2 – Dados do sistema real e do modelo

TPMLC (min)		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
98,4	97,8	0,13

Fonte: O autor

Através da análise dos resultados da Tabela 2 pode-se concluir que o modelo computacional apresenta uma boa aproximação, em relação ao tempo do processo de montagem, com o sistema real.

Uma vez validado o modelo computacional pode-se passar, segundo o método de pesquisa, para etapa de análise. Nessa etapa o modelo computacional, agora denominado operacional, passa a trabalhar para o modelador com o intuito de responder aos objetivos do projeto de simulação.

Para a realização da análise do sistema em estudo, são propostos dois cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de funcionários do processo de montagem de cadeiras. O indicador de desempenho utilizado para a análise é o variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de 30 Cadeiras (TPMLC)

- Cenário 1: Sistema atendido por 4 funcionários (Cenário Atual);
- Cenário 2: Sistema atendido por 5 funcionários.

Na Tabela 3, apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, para os dois cenários.

Tabela 3 – Resultados da simulação dos cenários 1 e 2

Cenário	TPMLC (min)
1	97,8
2	68,4

Fonte: O autor

A partir dos dados apresentados na Tabela 3 pode-se observar que a utilização de 5 funcionários (3 utilizados nos processos de Pré-Montagem Traseira, Pré-Montagem Dianteira e Montagem Final e 2 nos processos de Montagem do Chapéu, Montagem do Encosto, Emassar e Inspeccionar e Nivelar) eleva restrição do sistema. Permitindo assim, a fabricação de 90 cadeiras em meio turno de trabalho.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação de um modelo computacional usado para simular o processo de montagem de cadeiras em uma indústria moveleira da região oeste paranaense.

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação do modelo computacional, foi possível concluir que o mesmo pode ser aplicado para simular a dinâmica operacional do processo de montagem de cadeiras, principalmente na previsão da variável Tempo do Processo de Montagem de um Lote de Cadeiras (TPMLC).

Concluiu-se, para o período simulado, que a utilização de 5 funcionários, no sistema de montagem de cadeiras, reduz o tempo de montagem e permite a fabricação de 3 lotes em meio turno de trabalho.

Entretanto, para fins gerenciais, torna-se importante analisar a viabilidade de se investir capital para executar o melhor cenário encontrado neste trabalho. Deste modo, um trabalho futuro pode ser conduzido com o objetivo de avaliar se a receita gerada pela diminuição do tempo de montagem de cadeiras é maior que o investimento e gastos necessários para isto.

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. Segundo a teoria das restrições, uma vez que ocorre uma melhoria no gargalo, as restrições podem mudar de lugar no sistema.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, Russell L.; SASIENI, Maurice W. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.

ALVAREZ, R. R. **Análise comparativa de metodologias para análise, identificação e solução de problemas**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. **Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso**. Revista Espacios, v. 35, p. 21, 2014.

ALVES, Roberta. **Simulação da dinâmica operacional de um restaurante universitário de pequeno porte: Um estudo de caso**. 2012. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2012.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L. **Discrete-event system simulation**. 2. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

BATEMAN, Robert E. et al. **Simulação de Sistemas: Aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 200 p.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística – enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2010. 299 p.

COELHO, M. R. F.; BERGER, R. **Competitividade das exportações brasileiras de móveis no mercado internacional: uma análise segundo a visão de desempenho**. Revista FAE, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 51-65, 2004.

CORBETT NETO, Thomas; Contabilidade de Ganhos. **A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel 1997.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

FERREIRA, A. H. **Aspectos importantes na implantação da teoria das restrições na gestão da produção: um estudo multicaso**. 2007. 163 f. Dissertação (Mestrado em Administração das Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de sistemas: Com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 384 p.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GOLDRATT, E. M; FOX, Robert E. **A Corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Imam, 1992.

GOLDRATT, E. M.; JEFF, C. **A Meta**, São Paulo: Educator Editora, 1997.

GORINI, A.P.F. **Panorama do Setor Moveleiro no Brasil, com Ênfase na Competitividade Externa a Partir do Desenvolvimento da Cadeia Industrial de Produtos Sólidos de Madeira**. Rio de Janeiro: BNDES, set. 1998. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acessado em:10/09/2015.

GUERREIRO, R. **A meta da empresa: seu alcance sem mistérios**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 133 p.

HARREL, Charles R.; GHOSH, Biman K.; BOWDEN, Royce. **Simulation Using ProModel®**. McGraw-Hill, 2000.

LAW, A.M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 2000.

LEÃO, M. S.; NAVEIRO, R.M. **Fatores de Competitividade da indústria de móveis de madeira do Brasil**. Revista Madeira. Ed 119, 2009. Disponível em:<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1375&subject=M> Acesso em: 06 de Set. de 2015.

LUNKES, Rogério João: **Contabilidade Gerencial. Um enfoque na tomada de decisão.** 1. ed. Florianópolis: VisualBooks, 2007.

LOUREIRO A. B. **Planejamento do arranjo físico em uma indústria moveleira.** UFES, 2011.

MAIA, Douglas. F. **Modelagem e simulação computacional em uma aciaria.** 2008. 56 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

MARCONI, Mariana de A.; LAKATOS, Eva M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7 ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MONTEVECHI, J.A.B.; COSTA, R.F. da S.; LEAL, F.; PINHO, A.F. de; MARINS, F.A.S. **Combined use of modeling techniques for the development of the conceptual model in simulation.** Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, Miami, FL, USA, 2008.

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

OLIVEIRA, José Benedito de. **Simulação computacional: análise de um sistema de manufatura em fase de desenvolvimento.** (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Engenharia de Itajubá. Itajubá, 2007.

PARAGON. **Introdução à Simulação com o Arena 5.0.** Rockwell Software, 2005.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN.** McGraw-Hill, NY, 2. Ed., 1990.

PERGHER, Isaac; Rodrigues, Luis H.; Lacerda, Daniel, P. **Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições.** Gest. Prod. São Carlos, v.18. n.4. P. 673-686. 2011.

PEREIRA, Carla Roberta. **Um modelo de simulação de sistemas aplicado à programação da produção de um frigorífico de peixe.** 2011. 129 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria da Filas e da Simulação**. 4. ed. Nova Lima: Indgtecs, 2009. 127 p.

PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. INDG – Tecnologia e Serviços LTDA. Nova Lima, 2010. 307 p.

SANTOS, Viviany dos. **Proposta de implantação da teoria das restrições (toc) em uma indústria de máquina de marcação e corte a laser: um estudo de caso**. 2007. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, Departamento de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SABBADINI, F.S. **Gerenciamento de restrições em hospital de emergência: um estudo de caso no Hospital Municipal Henrique Sérgio Gregori**. 2005, Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial). Rio de Janeiro: UNESA, 2005.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models**. Journal of Simulation, v. 7, p. 12-24. 2012.

SCHRIBER, T.J. **Simulation Using GPSS**, Wiley, NY, 1974.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. rev. e atualizada – São Paulo: Cortez, 2007.

SHANNON, R.E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1975.

SILVA, E. L. da, MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

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

SOARES, Luiz Fernando Gomes. **4454c**. São Paulo: IME – USP, 1990.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.