

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA MICROEMPRESA
REFORMADORA DE
PNEUS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

FRANCIS MENDES LIMA DE OLIVEIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

Julho, 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA MICROEMPRESA
REFORMADORA DE
PNEUS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

FRANCIS MENDES LIMA DE OLIVEIRA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de habilitação: Simulação de processos reais

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Xavier Martins

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

Julho, 2016



ATA DE DEFESA

Aos 27 dias do mês de julho de 2016, às 15 horas, na sala B102 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo aluno **Francis Mendes Lima de Oliveira**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores **Alexandre Xavier Martins**, **Mônica do Amaral** e **Thiago Augusto de Oliveira Silva**. O aluno apresentou o trabalho intitulado "ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA MICROEMPRESA REFORMADORA DE PNEUS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL". A comissão examinadora deliberou pela

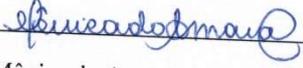
- Aprovação
 Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: _____
 Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____
 Reprovação do aluno,
com **nota 8,0 (oito vírgula zero)**.

Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

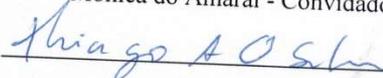
João Monlevade, 27 de julho de 2016.



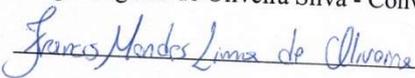
Alexandre Xavier Martins - Professor Orientador



Mônica do Amaral - Convidado



Thiago Augusto de Oliveira Silva - Convidado



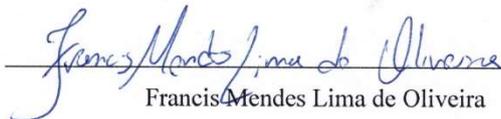
Francis Mendes Lima de Oliveira - Candidato

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA MICROEMPRESA REFORMADORA DE PNEUS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico, dados de empresas ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 27 de Julho de 2016


Francis Mendes Lima de Oliveira



ANEXO XIV – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO AUTOR

[X] Monografia. Outro, especificar: _____
Autor: Francis Mendes Lima de Oliveira
RG: MG15623040 CPF: 102.974.336-36 Fone: (31) 9.8738.6122
E-mail 0xFrancis@gmail.com
Orientador: Alexandre Xavier Martins
Coorientador: _____
Departamento: DEENP Curso: Engenharia de Produção
Título do documento: Estudo da Capacidade Produtiva em uma microempresa reformadora de pneus através da simulação computacional
Informação de acesso ao documento no formato eletrônico:
Disponibilização do trabalho completo sim, imediato [] sim, daqui a um ano*

Declaração de distribuição não-exclusiva

O referido autor:
a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer pessoa ou entidade. b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Federal de Ouro Preto/UFOP os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdos do documento entregue. Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a UFOP, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo contrato ou acordo.

Licença de uso

Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo o Sistema de Bibliotecas e Informação – SISBIN, a disponibilizar a obra, gratuitamente, na Biblioteca Digital de Monografias, de acordo com a licença pública *Creative Commons 4.0* Internacional por mim declarada sob as seguintes condições.
1) Permite uso comercial de sua obra?
 Sim () não
2) Permitir alterações em sua obra?
 sim () sim contando que outros compartilhem pela mesma licença. () não
A obra continua protegida por Direitos Autorais e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

João Monlevade
Local

27/07/2016
data

Francis Mendes Lima de Oliveira
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

*Mostre-me um homem 100% satisfeito e eu lhe
mostrarei um fracassado.*

Thomas Edison

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter permitido a realização todas as minhas atividades acadêmicas e por ter me ajudado a superar todas as dificuldades encontradas ao longo do meu período na universidade.

Agradeço também a toda a minha família pelo suporte fornecido, principalmente meus pais Geraldo e Rosilene por me educarem e ter me tornado a pessoa que sou hoje.

Agradeço ao professor orientador Alexandre pela dedicação, paciência e apoio fornecido durante toda a realização deste trabalho.

Agradeço a minha namorada Dayane, por estar comigo em todos os momentos bons e também nos difíceis.

Agradeço aos meus colegas e amigos sempre que estiveram sempre presentes durante os momentos difíceis, obrigado pelo apoio, pela parceria e pelo compartilhamento de conhecimentos.

Por fim, agradeço a empresa RG Pneus por me acolher no período do estágio e me propiciar desenvolver minhas técnicas e meus conhecimentos obtidos durante a graduação.

À todos vocês, o meu muito obrigado.

RESUMO

Orientador: Alexandre Xavier Martins

Curso: Engenharia de Produção

O transporte rodoviário é o principal modal no transporte de cargas utilizado no Brasil, tendo o mercado de recapagem como um serviço essencial para a manutenção deste modal. Com isso, a reformadora do grupo RG Pneus viu sua demanda em constante crescimento desde a sua criação em 2010. Este trabalho de conclusão de curso consiste em estudar e conhecer a capacidade máxima produtiva que a reformadora possui com a estrutura e os recursos atuais, utilizando para isso uma ferramenta de simulação de eventos discretos. A simulação utiliza modelos computacionais criados de forma a representar sistemas reais, que podem ser estudados, modificados e analisados sem a necessidade de testes no sistema real estudado. Os resultados da simulação de eventos discretos possibilitam identificar informações importantes sobre do funcionamento sistema, além de permitir a geração de cenários alternativos. Desta maneira, um modelo que representasse o sistema produtivo da reformadora foi desenvolvido e através da análise de cenários, foi verificado o limite produtivo assim como os pontos a serem desenvolvidos caso a empresa queira aumentar sua capacidade. Portanto, este estudo mostra como a simulação é uma grande ferramenta para obtenção de informações importantes para a tomada de decisão.

Palavras-chaves: simulação, eventos discretos, recapagem, capacidade produtiva.

ABSTRACT

Advisor: Alexandre Xavier Martins

Department: Production Engineering

Road transport is the main modal cargo transport used in Brazil, and the retreading market as an essential service for the maintenance of this modal. Thus, the reform of the RG Tyres group saw its demand steadily growing since its inception in 2010. This course conclusion work is to study and know the production capacity that the reform has the structure and the current resources using for this a simulation tool of discrete events. The simulation uses computer models created to represent real systems that can be studied, modified, and analyzed without the need for testing the real system studied. The discrete event simulation results make it possible to identify important information about the operating system, and allow the generation of alternative scenarios. In this way, a model that represents the production of retreading system was developed and through scenario analysis, the production limit was checked as well as the points to be developed if the company wants to increase its capacity. Therefore, this study shows how the simulation is a great tool to obtain important information for decision making.

Key - Words: simulation, discrete event, retreading, productive capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia do processo de simulação	19
Figura 2 – Visão geral da parte interna da reformadora RG Pneus.....	23
Figura 3 – Banda de rodagem.....	24
Figura 4 – Partes de um pneu	24
Figura 5 – Bandas de rodagem pré-moldadas	28
Figura 6 – Fluxograma do sistema de produção.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relatório de dados e distribuição.....	32
Tabela 2: Quadros de taxas de pneus que entraram no processo apenas para conserto	33
Tabela 3: Quadros de taxas de reformas que receberam consertos.	33
Tabela 4: Quadros de taxas de pneus recusados.....	34
Tabela 5: Quadros de taxas de pneus retrabalhados.....	34
Tabela 6: Dados gerais da simulação com a demanda média atual.....	35
Tabela 7: Filas relacionadas aos processos com a demanda média atual.....	35
Tabela 8: Taxa de utilização dos recursos com a demanda média atual.	36
Tabela 9: Dados gerais da simulação com a demanda em novo cenário.....	38
Tabela 10: Filas relacionadas aos processos com a demanda em novo cenário.....	38
Tabela 11: Tabela de taxa de utilização dos recursos com a demanda em novo cenário.....	39
Tabela 12: Dados gerais da simulação com os recursos em novo cenário	40
Tabela 13: Filas relacionadas aos processos com os recursos em novo cenário	41
Tabela 14: Taxa de utilização dos recursos com os recursos em novo cenário.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. OBJETIVO GERAL	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.4. JUSTIFICATIVA	14
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. BREVE HISTÓRICO.....	15
2.2. A SIMULAÇÃO	15
2.3. FLUXOGRAMAS.....	17
3. METODOLOGIA.....	17
3.1. NATUREZA DA PESQUISA.....	17
3.2. MÉTODO DE SIMULAÇÃO.....	18
3.2.1. Etapa 1: Formulação do problema	20
3.2.2. Etapa 2: Definição dos objetivos e do plano geral de projeto.....	20
3.2.3. Etapa 3: Concepção do modelo.....	20
3.2.4. Etapa 4: Coleta de dados.....	20
3.2.5. Etapa 5: Codificação	20
3.2.6. Etapa 6: Testes	21
3.2.7. Etapa 7: Validação	21
3.2.8. Etapa 8: Produção	21
3.2.9. Etapa 9: Avaliação global dos dados	21
3.2.10. Etapa 10: Documentação e implementação	21
4. O PROCESSO DE REFORMA DE PNEUS.....	22
4.1. A EMPRESA.....	22
4.2. O PROCESSO DE REFORMA DE PNEUS	23
4.2.1. Etapa 1: Limpeza	25
4.2.2. Etapa 2: Inspeção inicial	25
4.2.3. Etapa 3: Raspagem.....	25
4.2.4. Etapa 4: Escareação	25

4.2.5.	Etapa 5: Aplicação do concerto	25
4.2.6.	Etapa 6: Enchimento	26
4.2.7.	Etapa 7: Preparação da banda de rodagem	26
4.2.8.	Etapa 8: Aplicação da banda de rodagem	26
4.2.9.	Etapa 9: Montagem	26
4.2.10.	Etapa 10: Vulcanização	27
4.2.11.	Etapa 11: Inspeção final	27
4.3.	PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	27
5.	DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE	29
5.1.	MODELAGEM DO SISTEMA	29
5.1.1.	Recursos de produção	30
5.1.2.	Grau de detalhamento do modelo	30
5.2.	COLETA DOS DADOS	31
5.2.1.	Tempos de processos	31
5.2.2.	Taxas de pneus para consertos, pneus recusados e retrabalhos	33
5.3.	ANÁLISE DA SIMULAÇÃO	34
5.4.	GERAÇÃO DE CENÁRIOS	37
5.4.1.	Demanda máxima e confirmação dos gargalos	37
5.4.2.	Aumentando da capacidade dos gargalos	40
5.5.	SUGESTÕES E CONCLUSÕES	42
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	APÊNDICE A: Fluxograma do sistema de produção	48

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com o Boletim Estatístico de 2014 da Confederação Nacional de Transportes, o modal rodoviário possui uma participação de 61,1% nos transportes de cargas no território nacional. O Brasil está em quarto lugar no *ranking* mundial no total de quilômetros de rodovias, atrás apenas dos EUA, Índia e China. O maior volume de rodovias está concentrado na região Sudeste, sendo o estado de Minas Gerais a integrar o maior sistema rodoviário do Brasil.

A partir disso, é possível perceber que o volume de veículos de passageiros e de cargas é extremamente extenso, assim como seus rebocados que transitam nas rodovias mineiras, permitindo que muitas empresas se dediquem a fornecer suporte ao transporte de carga, seja provendo combustíveis, manutenção de veículos, revenda de peças e acessórios, pneus novos e serviço de reforma de pneus.

O processo de reforma de pneus, também conhecido como recapagem, se resume na substituição da banda de rodagem do pneu que é caracterizada como a parte do pneu que toca o solo e se desgasta com tempo de utilização. Desta maneira, toda a estrutura do pneu, comumente denominada de carcaça, é reutilizada, dando ao mesmo mais tempo de vida e gerando ao consumidor maior economia, visto que o custo de serviço de reforma é muito menor que a aquisição de um pneu novo, normalmente chegando a um terço desse valor.

As etapas que constituem o processo de recapagem são muito parecidas entre as reformadoras, visto que, para que uma organização deste ramo tenha seu registro no Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), ela deve seguir a legislação contida em suas portarias. Contudo, apesar do processo ser parecido, cada organização possui seu método de planejamento e controle da produção (PCP), a fim de atender os seus clientes em tempo hábil.

A simulação computacional é um instrumento que permite a análise de sistemas, existentes ou não, sem a necessidade de realização de testes em reais situações que podem ser altamente custosos para a empresa.

O presente trabalho propõe verificar através da simulação qual a capacidade máxima da reformadora RG Pneus, cumprindo uma programação de produção previamente

determinada e identificando os principais gargalos da linha de produção caso houvesse um aumento significativo de demanda.

1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA

A demanda de serviço da organização estudada possui uma variação que pode comprometer a capacidade da reformadora de atender seus clientes em tempo hábil, visto que, um aumento súbito na demanda de pedidos em um curto período de tempo pode gerar atrasos na entrega do serviço devido à capacidade de produção limitada da empresa.

Dessa forma, a reformadora necessita conhecer suas limitações produtivas de modo que, caso haja um aumento na demanda média de reformas, a organização tenha percepção se existe ou não a capacidade de atender a essa nova demanda com os recursos atuais, não carecendo de novos investimentos para tal.

Outro ponto importante é que esse aumento na demanda seja apenas temporário. A empresa tendo conhecimento de sua capacidade produtiva poderá realizar o planejamento de entrega dos serviços levando em consideração a quantidade demandada no momento, de maneira que consiga atender todos os clientes em tempo satisfatório.

A partir do problema exposto surge a seguinte questão: Qual é a atual capacidade máxima de produção da reformadora capaz de atender os clientes em tempo hábil sem a necessidade de novos investimentos em estrutura?

Chegando, por meio da simulação computacional, no resultado para esse problema poderemos também conhecer quais são os gargalos produtivos da empresa caso ocorra esse cenário de crescimento de serviço.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Estudar e investigar a atual capacidade produtiva da organização reformadora de pneus, buscando identificar os principais gargalos existentes no processo produtivo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os principais objetivos específicos a serem trabalhados são:

- Explorar aspectos teóricos sobre Simulação Computacional e Planejamento, Programação e Controle da Produção;
- Descrever o processo produtivo da organização;
- Desenvolver a simulação computacional do processo produtivo;
- Identificar a capacidade produtiva e os gargalos existentes;
- Simular possíveis cenários de demanda;
- Apresentar os resultados do estudo em questão.

1.4. JUSTIFICATIVA

A demanda de reformas da RG Pneus vem aumentando a cada ano. Em 2010, a média mensal de reformas não passava de seiscentas unidades, já ao final do ano de 2014, o número praticamente duplicou, chegando a ter uma média de mil e cem reformas mensais. Durante esse período, a empresa necessitou realizar diversos investimentos para atender a demanda, o principal deles foi a aquisição de uma segunda autoclave, aumentando a capacidade do processo de vulcanização, permitindo um maior número de reformas por dia.

O estudo sobre a determinação da capacidade produtiva e os gargalos existentes ao longo do processo de produção é justificado pela necessidade da organização compreender qual sua capacidade máxima produtiva sem a necessidade de novos investimentos, visto que tais aplicações financeiras são muito onerosas. Desta forma, a reformadora evitaria de investimentos que não são realmente necessárias, como os investimentos na linha de produção, por exemplo.

Ademais, através da simulação computacional é possível criar e estudar diferentes cenários para identificar quais são as etapas do processo produtivo mais deficientes, uma vez que caso haja a hipótese da organização buscar realizar novos investimentos, já exista um embasamento teórico para a tomada de tal decisão, buscando também auxiliar em um direcionamento correto desse investimento.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste primeiro capítulo foi dada introdução ao tema abordado assim como o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho, a seguir, no segundo capítulo está o

referencial teórico onde estão expressas os conceitos de diversos autores sobre o assunto que são necessários para os capítulos posteriores. O terceiro capítulo está dedicado a retratar os procedimentos metodológicos do trabalho e no capítulo quatro estão caracterizados a empresa e o processo produtivo onde o trabalho foi realizado. No quinto capítulo acontece o desenvolvimento e a análise das simulações para que os objetivos propostos sejam alcançados. Por fim, no capítulo seis têm-se a conclusão do presente trabalho seguido das referências bibliográficas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BREVE HISTÓRICO

As técnicas de simulação são comumente utilizadas nos dias de hoje. A utilização da ferramenta teve seu início na década de 80, quando os computadores passaram a conter programas e sistemas operacionais mais velozes e possuem um custo menos oneroso para a distribuição. Segundo KELTON et al. (2004), a simulação possuía como principal finalidade a determinação das causas de acidente, assim como identificar os principais responsáveis pela ocorrência do mesmo.

Já ao fim dos anos 80, devido à inserção de computadores de uso pessoal no mercado de comercialização, a possibilidade da geração de projetos animados, acabou por viabilizar os resultados da simulação, fazendo com que a mesma ganhasse espaço nas extensas organizações. Apesar do uso da ferramenta na maioria das vezes ser analisar sistemas com falhas, em empresas maiores passou a ser utilizada anteriormente a grandes investimentos.

Nos dias de hoje, a disponibilidade de *softwares* que realizam o processo de simulação é muito grande. O seu uso, pode-se dizer, ainda não é muito disseminado, mas a sua utilização está sofrendo crescimento constantemente. Uma de suas principais novas funcionalidades é a análise de grandes investimentos, verificando a viabilidade econômica e potencial de retorno da aplicação.

2.2. A SIMULAÇÃO

O conceito de simulação foi abordado por diversos autores. Schriber (1974), citado por Filho (2001), interpreta a simulação como a “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”. A partir disso, é possível conceber que de acordo com Schriber, para a utilização da simulação, não é necessário um computador. Filho (2001) explica tal fato, visto que “na época, ainda era comum a utilização de modelos analógicos e físicos para se estudar e analisar o comportamento de sistemas”.

Kelton et al. (2004) especificaram ser possível a adoção do uso computadores a partir do momento que elucidaram o processo de simulação como sendo “uma vasta coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento do sistema real, geralmente em um computador com o *software* apropriado”.

Banks et al.(2004), Chwif e Medina (2006), Filho (2001) e Kelton et al. (2004) afirmam que a simulação é geralmente utilizada como forma para solucionar perguntas do tipo “O que aconteceria se?”. Chwif e Medina (2006) percebem que são inúmeras as possíveis respostas para este tipo de questão e que um modelo de simulação é ideal devido a sua capacidade de analisar diversos aspectos do sistema. Fihlo (2001) diz que a grande vantagem do “uso dessa ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas investigados sofram qualquer perturbação”. Em alguns casos, pode ser possível realizar experimentos no sistema real, porém, “em muitos casos, é simplesmente muito difícil, caro, ou impossível realizar estudos físicos no próprio sistema” (KELTON e SADOWSK et al., 2004).

Diversos autores mostram as situações em que a simulação pode ser utilizada (BANKS et al., 2004, FILHO, 2001, KELTON et al., 2004), a seguir algumas possíveis utilizações:

- ✓ O sistema real ainda não existe: não existe maneira de verificar o melhor *layout* para a organização visto que a construção da fábrica ainda não ocorreu;
- ✓ Experimentar com o sistema real pode ser dispendioso: utilizando o mesmo exemplo da fábrica não é viável, por exemplo, interromper a produção para realizar modificações no arranjo físico e testar possibilidades;
- ✓ Experimentar com o sistema real não é apropriado: não é conveniente provocar um desastre marítimo ou alterar os procedimentos de atendimento ou escala em um hospital de emergência para verificar oque ocorrerá;
- ✓ É muito difícil ou impossível: aumentar o número de clientes em uma agência bancária é muito difícil por não se ter controle dessa variável.

Kelton et al. (2004) apontam como as seguintes vantagens da simulação: “Ninguém se fere, e a sua liberdade de testar uma grande variedade de ideias com o modelo pode trazer a tona alternativas atraentes que não poderiam ser testadas no sistema real”.

Entretanto, é necessário possuir bastante cautela na construção dos modelos, pois um projeto mal elaborado e com ausência de detalhamentos pode não representar bem o sistema, da mesma forma que um modelo com excessos de detalhes representaria. Segundo Filho (2001), os erros mais presentes nos processos de simulação são a falta de conhecimento ou a baixa afinidade com a ferramenta utilizada. Outros pontos negativos podem ser os objetivos com pouca clareza e definição, a construção de modelo com detalhamento inadequado e a realização de conclusões em uma única replicação, por exemplo.

2.3. FLUXOGRAMAS

Durante a elaboração de modelos de simulação, por muitas vezes o modelo conceitual é criado a partir de fluxogramas, que segundo Rocha (1991), são ferramentas simples que permitem representar graficamente as diversas etapas de um processo, possibilitando que haja uma visualização do processo como um todo e as relações existentes entre as partes.

Rocha (1991) também diz que o objetivo principal dos fluxogramas é evidenciar de maneira mais simples e objetiva o sequencial lógico do trabalho proporcionando na análise do processo vantagens como:

- ✓ Simplificação do trabalho através da inclusão ou eliminação de etapas, de modo a obter uma melhor sequência para o desenvolvimento dos mesmos;
- ✓ Facilidade para encontrar pontos falhos de diferentes naturezas;
- ✓ Representar uma visão generalizada de todo o sistema.

3. METODOLOGIA

3.1. NATUREZA DA PESQUISA

Para a realização deste trabalho a pesquisa se desenvolveu através de uma abordagem tanto qualitativa como também quantitativa, procurando atingir da melhor maneira os objetivos específicos e gerais do presente trabalho.

De acordo com Diehl (2004) a escolha do método acontece de acordo com a natureza do problema assim como o nível de aprofundamento e detalhamento do trabalho. Diehl (2004) ainda apresenta um esboço para estas duas abordagens:

- a) Quantitativa: a pesquisa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetivando resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança;
- b) Qualitativa: descrevem a complexidade de determinado problema, sendo necessário compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos, contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos.

De maneira geral a abordagem quantitativa pode ser mensurada em números, classificada e analisada, já a qualitativa não é traduzida em números e sim pela análise indutiva por parte do pesquisador Ramos (2005).

As duas estratégias foram necessárias, de modo que o trabalho envolve cronometragem de processos e interpretação do dinamismo da produção.

3.2. MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Existe uma variedade de autores que apresentam metodologias para o desenvolvimento de simulação computacional abrangendo diversos objetivos de pesquisa e profundidade de detalhamento. Foram estudadas algumas opções para a escolha da metodologia a ser utilizada.

Chwif e Medina (2006) propõem que os projetos de simulação sejam desenvolvidos em três etapas principais:

- ✓ Concepção ou formulação do modelo;
- ✓ Implementação do modelo;
- ✓ Análise dos resultados.

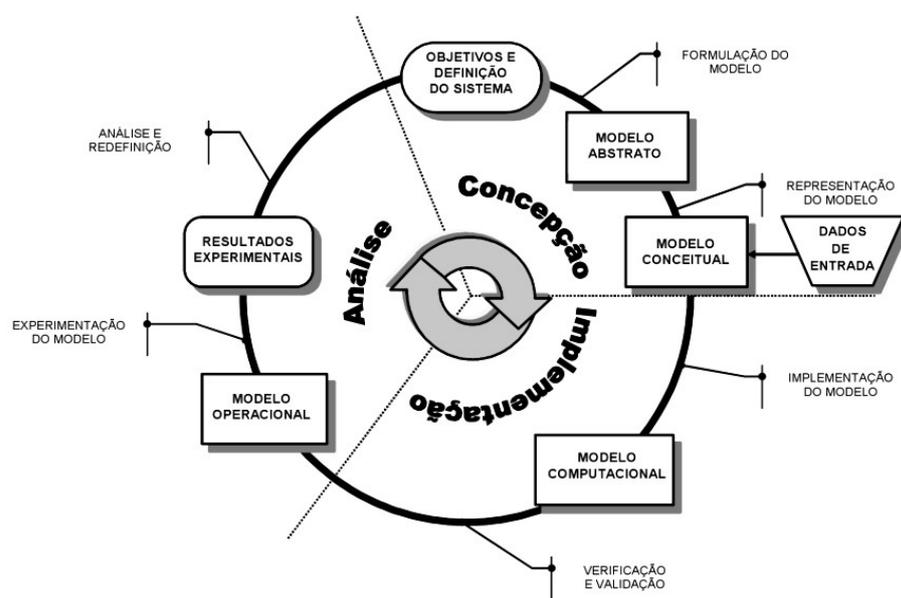
Na primeira fase, o sistema a ser simulado deve ser compreendido com clareza assim como seus objetivos. O escopo do projeto e o nível de detalhamento também devem ser determinados. Nesta fase, é o momento em que todos os dados de entrada necessários para alimentar o modelo são coletados. No final desta fase, um modelo conceitual é criado a partir do modelo abstrato desenvolvido, dessa forma tornando possível que outras pessoas que estejam envolvidas no projeto possam compreendê-lo.

Na fase de implementação o modelo conceitual criado é transformado em um modelo computacional por meio da utilização de uma linguagem de simulação ou de um simulador comercial, modelo no qual deve ser validado por meio da geração de resultados para observar sua representatividade com a realidade de acordo com os objetivos estabelecidos.

Durante a terceira etapa o modelo computacional já está preparado para a execução dos experimentos. Após a realização dos experimentos os resultados gerados são analisados para que as conclusões e recomendações acerca do sistema possam ser construídas.

Essa metodologia pode ser representada pela Figura 1 a seguir:

Figura 1: Metodologia do processo de simulação



Fonte: CHWIF e MEDINA (2006)

Para este trabalho foi utilizada a metodologia proposta por Santos (1999). Apesar de sua obra estar datada de 1999, em seu site mostra que houve uma atualização em agosto de 2015, em visto disso há referências mais atuais em seu trabalho. Sua metodologia possui como base referências renomadas como Filho (2001), Banks (2004), Chwif e Medina (2006) e

Kelton et al. (2007). Por esse motivo, esse foi o método escolhido para realização deste trabalho. De acordo com Santos (1999), um projeto de simulação possui as seguintes etapas básicas:

3.2.1. Etapa 1: Formulação do problema

Definição de qual problema se procura resolver em um sistema.

3.2.2. Etapa 2: Definição dos objetivos e do plano geral de projeto

Definem-se quais serão as questões a serem respondidas pela simulação e se a mesma é a metodologia apropriada para resolução do problema, assim como estimar quais os recursos necessários para realização do projeto.

3.2.3. Etapa 3: Concepção do modelo

Criação do escopo do modelo, começando pelas características essenciais do problema. Se iniciando com um modelo simples, e que gradativamente vai aumentando sua complexidade e nível de detalhamento, sem ir além do necessário para acompanhar os propósitos para qual o modelo foi construído.

3.2.4. Etapa 4: Coleta de dados

A coleta de dados está relacionada com a construção do modelo, quanto mais complexo o modelo, maior o número de variáveis necessárias. Quanto maior a precisão almejada maior será o tamanho das amostras a serem coletadas.

3.2.5. Etapa 5: Codificação

Os sistemas reais resultam normalmente em modelos com grande número de informações tornando-se necessário a tradução deste para um modelo computacional, ou seja, para uma linguagem de programação ou uma linguagem de simulação.

3.2.6. Etapa 6: Testes

Após a tradução do modelo conceitual em modelo computacional é necessário realizar testes utilizando um conjunto de dados para essa específica finalidade, a fim de verificar possíveis falhas que impeçam o funcionamento apropriado do modelo.

3.2.7. Etapa 7: Validação

Nesta etapa é verificado se o sistema real está devidamente representado pelo modelo, analisando as desconformidades e aplicando melhorias para o aperfeiçoamento até que os resultados garantam a aproximação desejada da representação do problema.

3.2.8. Etapa 8: Produção

Na produção são executadas várias simulações do modelo, variando os dados de entrada, analisando-se posteriormente os resultados obtidos.

3.2.9. Etapa 9: Avaliação global dos dados

Nesta etapa deve-se avaliar se os resultados obtidos nas simulações correspondem com os objetivos esperados. Na ocorrência de discrepâncias poderá ser necessário retornar à fase de concepção do modelo.

3.2.10. Etapa 10: Documentação e implementação

O projeto de simulação deve ser documentado com clareza, tanto a durante à construção do modelo quanto a obtenção dos resultados.

A implementação dos resultados obtidos não integrou este trabalho, visto que o objetivo do mesmo se delimitou apenas a identificar informações pertinentes ao sistema do processo produtivo da empresa.

4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO

4.1. A EMPRESA

A RG PNEUS LTDA é uma empresa mineira que atua no comércio varejista e atacadista de pneus, peças, acessórios e serviços mecânicos, além disso, é revendedora autorizada Pirelli e está no mercado automotivo há mais de vinte e cinco anos.

No segmento varejista, a RG Pneus tem sua matriz em João Monlevade, oito filiais localizadas nas cidades de Itabira, Ipatinga, Timóteo, Coronel Fabriciano, Juiz de Fora e Muriaé e uma reformadora de pneus, também localizada em João Monlevade. Já no segmento atacadista, a empresa tem sede em João Monlevade e comercializa os produtos Pirelli em mais de um terço do estado de Minas Gerais, nas regiões do Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, Zona da Mata e parte da Região Metropolitana.

A reformadora de pneus, local da realização deste trabalho, está localizada na BR-381 cidade de João Monlevade junto à sede do atacado e da sede administrativa da empresa. Inaugurada em novembro de 2010 com demanda inicial de aproximadamente 250 reformas a reformadora, possui atualmente uma demanda que varia de 700 a 1100 reformas por mês.

O quadro de funcionários da reformadora é composto por dezenove funcionários, distribuídos em quatro vendedores, um coordenador de produção, onze auxiliares de produção, uma auxiliar administrativo, um gerente comercial e um direto. Além disso, a reformadora possui atualmente dois estagiários e dois menores aprendizes. A Figura 2 é uma foto da área interna da empresa onde acontece o processo de produção.

Figura 2: Visão geral da parte interna da reformadora RG Pneus



Fonte: www.gruporgpneus.com.br (2016)

Com o constante aumento do número de reformas a empresa realizou diversos investimentos em estrutura ao longo de seus anos de existência para atender essa demanda. Contudo, novos investimentos serão realizados caso seja comprovada a real necessidade, evitando assim gastos que possivelmente são desnecessários, visto que a empresa ainda não acredita que atingiu sua capacidade máxima.

Dessa forma, a informação sobre a capacidade limite de produção que é obtida com o resultado deste trabalho é importante para que a empresa conheça até quanto mais ela pode produzir sem novos investimentos estruturais.

4.2. O PROCESSO DE REFORMA DE PNEUS

As etapas que constituem o processo de recapagem são semelhantes para todas as reformadoras, dado que, para que uma empresa reformadora tenha seu registro no INMETRO ela deve seguir a legislação contida em suas portarias, nas quais contém as normas para cada etapa de produção.

O serviço de reformas de pneus, também denominado de recapagem ou recauchutagem, é basicamente a substituição da banda de rodagem (Figura 2) até a região dos ombros (Figura 3) dos pneus, parte do pneu que entra em contato com o solo e que se

desgasta com sua utilização devido ao atrito gerado com solo durante a movimentação do veículo. Com uma nova banda de rodagem o pneu pode novamente ser utilizado lhe garantindo maior vida útil, logo proporcionando ao cliente maior economia, visto que o valor da reforma pode chegar até em um terço do custo de um pneu novo.

Figura 3: Banda de rodagem



Fonte: www.marangonidobrasil.com.br (2012)

Figura 4: Partes de um pneu



Fonte: www.michelin.ca (2016)

No processo produtivo, as etapas são bem definidas e divididas, e cada uma possui os materiais e equipamentos necessários para sua execução. As etapas são: limpeza, inspeção inicial, raspagem, escareação, conserto, aplicação de cola, enchimento, aplicação da banda de rodagem ou anel, vulcanização e inspeção final. Caso o pneu não apresente condições ideais para reforma, o pneu deverá ser rejeitado e devidamente descartado. A seguir estão os detalhamentos sobre cada etapa do processo de recapagem:

4.2.1. Etapa 1: Limpeza

A primeira etapa é a limpeza do pneu, uma máquina desenvolvida para esta função faz a limpeza de todo o flanco do pneu através de uma escova de aço, removendo assim toda a sujeira e os resíduos que poderiam atrapalhar a próxima etapa ou comprometer a reconstrução do pneu.

4.2.2. Etapa 2: Inspeção inicial

A segunda etapa é a inspeção inicial, nela o profissional avalia as reais condições do pneu a ser recuperado, definindo se o pneu poderá ou não ser reconstruído. Nessa etapa todas as partes fundamentais do pneu são analisadas: a parte interna, o flanco, o ombro, a banda de rodagem e o talão.

4.2.3. Etapa 3: Raspagem

Em sequência, temos a raspagem, para que o restante da banda de rodagem seja desgastado. Neste processo, identifica-se o raio do pneu bem como o perímetro da banda que será aplicada. De posse destes dados, o raspador lança essas informações no sistema, enviando-a para a área de seleção da banda, que será preparada enquanto o pneu passa pelas fases seguintes.

4.2.4. Etapa 4: Escareação

A próxima fase é a escareação. Nesta etapa, tratam-se os pequenos cortes encontrados no piso da carcaça. Caso o volume, o tamanho ou a profundidade dos cortes estejam acima dos limites pré-definidos, o pneu poderá ser recusado. Dependendo do dano existente o pneu poderá receber um conserto especial, capaz de restituir a resistência da carcaça.

4.2.5. Etapa 5: Aplicação do conserto

Na aplicação do conserto, caso haja necessidade o pneu irá passar por um preparo antes da aplicação do reparo, que irá variar de acordo com a extensão e profundidade do dano.

O reparo é realizado através da aplicação de manchões, que são materiais com estrutura reforçada, restaurando a robustez da carcaça.

4.2.6. Etapa 6: Enchimento

No enchimento, uma borracha especial é aplicada em cada ponto escareado a fim de tampar todas as imperfeições causadas pela escareação, deixando o pneu pronto para receber a nova banda de rodagem.

4.2.7. Etapa 7: Preparação da banda de rodagem

Após a raspagem, enquanto o pneu passa pelos processos posteriores, ocorre a preparação da banda de rodagem. Essa etapa começa assim que o funcionário recebe as informações do processo de raspagem e enquanto o pneu passa pelas etapas posteriores, simultaneamente a banda é selecionada no estoque e preparada para a utilização. No reparo a banda é cortada de acordo com as dimensões do pneu e recebe uma camada de borracha de ligação, que será a responsável pela adesão da banda junto à carcaça no processo de vulcanização.

4.2.8. Etapa 8: Aplicação da banda de rodagem

Em seguida ao enchimento e com a banda preparada, vem a aplicação da banda de rodagem onde a nova banda é colocada e o pneu recebe uma roletagem para remoção de qualquer ar e para melhor fixação da banda. Nessa etapa também é colocada uma etiqueta que informa a data da reforma que está sendo realizada e a quantidade de reformas que o pneu já recebeu. Esta etiqueta é padronizada de acordo com as exigências do órgão regulamentador.

4.2.9. Etapa 9: Montagem

Com a nova banda aplicada é colocado no pneu um envelope externo de borracha que em seguida recebe uma sucção gerando uma pressão sobre o pneu. Esta etapa é chamada de Montagem.

4.2.10. Etapa 10: Vulcanização

Então o pneu chega à etapa de vulcanização, onde será colocado em uma autoclave, equipamento que utiliza temperatura, pressão e tempo para vulcanizar a nova banda sobre a carcaça. Durante este processo é fundamental utilizar recursos eletrônicos para controlar o tempo, a temperatura e os níveis de pressão que serão aplicados ao pneu. Só assim é possível garantir a segurança e qualidade da operação.

4.2.11. Etapa 11: Inspeção final

Por fim, após a vulcanização e desmontagem do envelope o pneu passa por uma nova avaliação, denominada de inspeção final, na qual será verificado se o pneu não possui nenhuma falha (deslocamentos) e se está pronto para ser entregue ao cliente.

As etapas do processo de recapagem são encadeadas e de nenhuma forma se pode pular qualquer fase, visto que em qualquer uma delas se pode detectar alguma falha do pneu classificando-o como impróprio para reforma. Todas as etapas são interligadas por monovias por onde o pneu é transportado, evitando assim contaminação com o solo e também esforços físicos dos funcionários.

A etapa de preparação de banda de rodagem não está incluída no modelo de simulação, visto que este é um processo à parte do processo principal de reforma e que ele não influencia no objetivo para o qual o modelo foi desenvolvido.

4.3. PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Na realização do serviço de reformas de pneus, a principal matéria prima utilizada são as bandas de rodagem pré-moldadas (Figura 5), que serão aplicadas nas carcaças (pneus gastos) proporcionando-lhes uma nova vida útil.

Figura 5: Bandas de rodagem pré-moldadas



Fonte: www.pneushow.com.br (2014)

A reformadora do grupo RG Pneus trabalha atualmente com dois principais fornecedores de bandas de rodagem: a Marangoni que além de fornecer bandas de rodagem fornece também outros insumos e a Novateck (pertencente ao grupo Pirelli, para qual o grupo RG Pneus é revendedor oficial de pneus novos).

A Marangoni além de suprir matéria prima também fornece todo o suporte para as reformadoras clientes, como equipamentos, *softwares*, treinamentos de funcionários, visitas comerciais nos clientes das reformadoras, enfim, tudo que as reformadoras precisam para seu pleno funcionamento, similar a um sistema de franquia.

Com toda sua a experiência a Marangoni desenvolveu um modelo de programação da produção para a reformadora, no qual se especifica como a produção deve se organizar e operar para maximizar sua produção, evitando ociosidade nos postos de trabalho aproveitando melhor o seu horário de funcionamento.

Como a reformadora segue essa programação de produção é baseado nela que o modelo de simulação foi desenvolvido para que a capacidade máxima de produção fosse estudada.

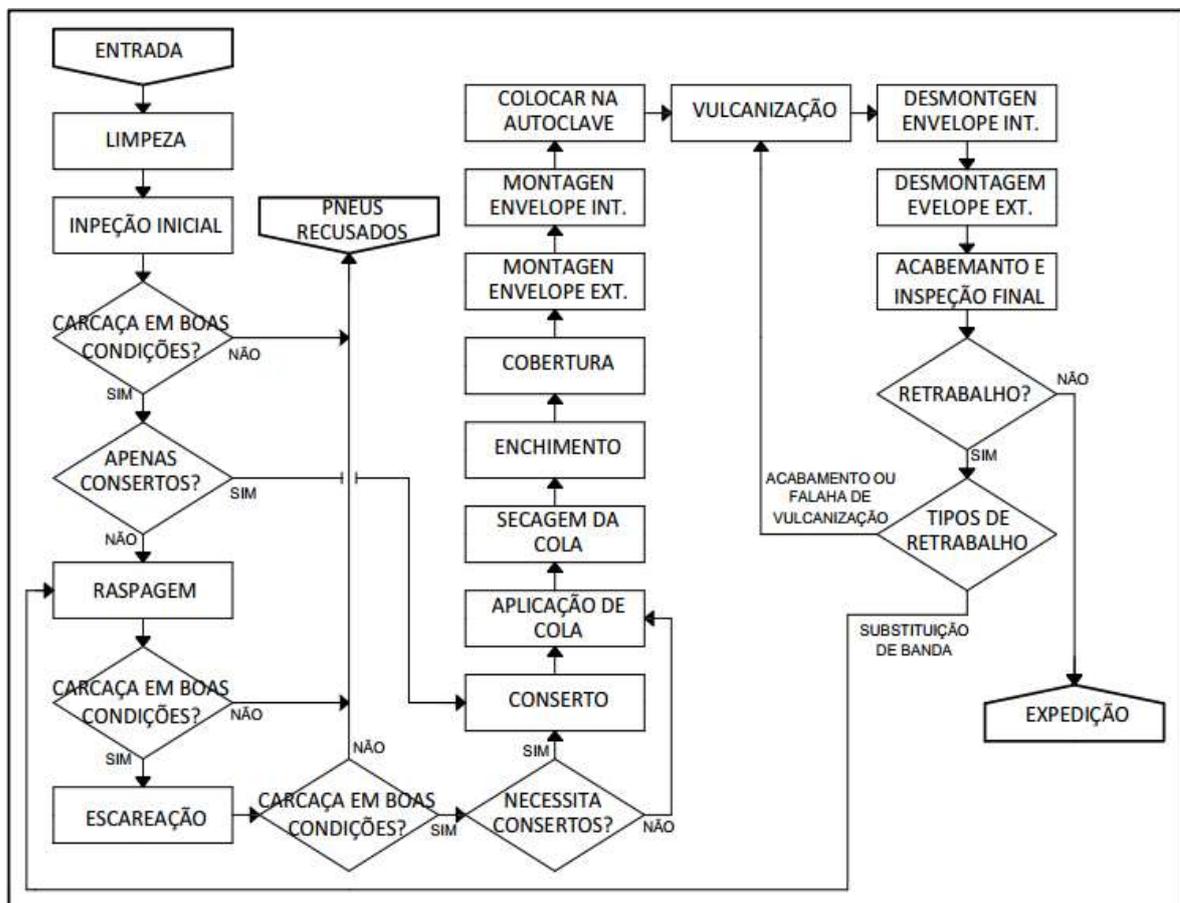
5. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE

5.1. MODELAGEM DO SISTEMA

Para que o sistema de produção fosse representado de forma confiável pelo modelo, primeiramente foi desenvolvido um fluxograma (Figura 6) contendo cada etapa da linha de produção, começando da etapa de limpeza e terminando na etapa de inspeção final. Somente o sistema de produção será considerado, os processos de coleta e entrega do serviço não influenciam o propósito deste estudo. O Apêndice A mostra o mesmo fluxograma, porém de forma mais espaçada para melhor visualização.

Como mostrado, o processo de reforma segue uma sequência em linha das etapas de produção, onde uma etapa depende da anterior e assim se uma etapa atrasar, consequentemente, filas são geradas.

Figura 6: Fluxograma do sistema de produção



Fonte: Autor (2016)

5.1.1. Recursos de produção

Propondo diminuir a complexidade do modelo, este estudo não leva em consideração as possíveis faltas de material, faltas de bandas de rodagem, acidentes de trabalho, pane dos equipamentos ou absenteísmo de colaboradores. Para o desenvolvimento da pesquisa foi admitido que os recursos para o funcionamento do sistema estejam em plena disponibilidade.

5.1.2. Grau de detalhamento do modelo

Durante a elaboração de um modelo é necessário delimitar com clareza os objetivos do modelo e qual o grau de detalhamento que ele deve possuir para tal. Para dimensionar a capacidade máxima produtiva da reformadora algumas características e restrições foram aplicadas ao modelo a fim de torná-lo menos complexo do que o necessário para obter os resultados esperados. A seguir estão ressaltadas essas características:

- ✓ Como a reformadora só trabalha atualmente com pneus de carga (os serviços de reforma para os pneus de veículos de passeio, agrícolas ou industriais são terceirizados), não houve diferenciação entre os pneus de carga e meia carga, visto que a única coisa que os diferem durante o processo é o *setup* na etapa de Raspagem. Contudo esse tempo de *setup* já está contabilizado no tempo de processo dessa etapa;
- ✓ Não será permitida no modelo a alteração arbitrária da ordem das carcaças na linha de produção;
- ✓ Para maior fidelidade da representação do modelo ao sistema real, os retrabalhos foram considerados;
- ✓ O encarregado de produção não será considerado como funcionário da produção visto que apesar dele ser capaz de realizar qualquer etapa do processo, sua função teoricamente é apenas supervisionar e dar o suporte necessário aos operadores;
- ✓ Cada pneu no processo será considerado individualmente, não levando em consideração grupos de pneus pertencentes ao mesmo cliente, de modo que a separação dos pneus por cliente é realizada no setor de expedição, não fazendo parte do setor produtivo.

5.2. COLETA DOS DADOS

Os dados de entrada necessários para o desenvolvimento deste estudo de simulação podem ser divididos em três tipos.

O primeiro são os tempos de operação de cada etapa do processo produtivo. Como os tempos de transportes são mínimos eles foram considerados parte da etapa produtiva, ou seja, o tempo de produção conta desde o momento que funcionário conduz o pneu ao seu posto até o momento que ele o libera para a etapa seguinte.

O segundo tipo de dados, são as taxas em porcentagem de pneus recusados, de retrabalhos e de pneus para conserto, pneus que não receberão nova banda de rodagem e sim apenas um conserto, mas ainda passarão pelo processo de vulcanização. As recusas podem ocorrer em três etapas, no exame inicial onde ocorre a maioria, na raspagem e na escareação, os retrabalhos são identificados no exame final e podem ser de três tipos: acabamento, vulcanização e aplicação de nova banda.

Já o terceiro tipo de dados, são as planilhas eletrônicas geradas pelo *software* de gerenciamento de produção. Em cada etapa do processo de produção há um terminal que está ligado em rede a um computador central, nesses terminais os funcionários lançam dados dos seus processos permitindo a administração da empresa, por meio desse *software* acompanhar a produção em tempo real e a gerar planilhas eletrônicas de dados sobre a produção.

5.2.1. Tempos de processos

Para coletar os tempos de processamento de cada etapa do processo a empresa autorizou a medição do tempo, que foi realizada utilizando cronômetros calibrados disponíveis na própria empresa. Os tempos foram coletados ao longo de quatro meses, de novembro de 2015 a fevereiro de 2016, abrangendo diversos horários do expediente de produção e diferentes dias da semana. Além disso, a empresa concedeu alguns dados já existentes sobre os tempos dos processos.

Por se tratar apenas de um estudo, que não será implantado no sistema real, a quantidade de amostras foi determinada de acordo com a variabilidade dos tempos de processo de cada etapa. Quanto maior a variação dos tempos de uma etapa, maior o número de amostras coletadas. Dessa forma a distribuição de probabilidade gerada pelo módulo *Input Analyzer* do *software* Arena se torna mais fiel à realidade do sistema.

Durante o processo de coleta de dados, houve algumas restrições que limitaram a quantidade de dados coletados, visto que os dados fornecidos não eram em grande quantidade e o tempo cedido para a cronometragem possuía um limite diário.

Após as cronometragens, os dados coletados passaram por um tratamento com o objetivo de eliminar *outliers*, que são uma observação (ou subconjunto de observações), que parece ser incompatível com o resto desse conjunto de dados (Barnett e Lewis, 1978) Os *outliers* ainda podem ser definidos, de acordo com Hawkins (1980), como dados que se desviam muito dos demais, podendo ser ocasionados por algum mecanismo diferente.

A partir do *Input Analyzer*, ferramenta existente dentro do próprio *software* Arena, os dados foram processados e tratados a fim de obter as equações das distribuições de probabilidade que representam os tempos de cada processo.

Ainda que as distribuições de frequência possam representar uma grande variedade de processos, alguns processos, como os industriais, muitas vezes possuem uma variação natural de fato, aleatória. Entretanto, de acordo com Nikkel (2007), a distribuição normal representa a maioria dos processos industriais para análises estatísticas, em vista disso, todas as amostras coletadas foram ajustadas à curva de distribuição normal, para então serem utilizados como dados de entrada do modelo.

A seguir, na Tabela 1, encontram-se as distribuições geradas a partir do *Input Analyzer* com seus respectivos erros quadrados, e as distribuições ajustadas à distribuição normal de cada etapa:

Tabela 1: Relatório de dados e distribuição

RESUMO DE DISTRIBUIÇÃO DO INPUT ANALYSER						
Processo	Distribuição Utilizada	Média	Desvio Padrão	Erro Quadrado	Distribuição Sugerida	Erro Quadrado
Limpeza	Normal	139	31,8	0,00496	Beta	0,00292
Ex. Inicial	Normal	179	54,8	0,00389	Beta	0,00274
Raspa	Normal	199	44,8	0,01194	Normal	0,01194
Escariação	Normal	464	258	0,01306	Normal	0,01306
Conserto	Normal	277	76,8	0,00388	Triangular	0,00304
Cola	Normal	92	21,8	0,01194	Normal	0,01194
Enchimento	Normal	347	132	0,01306	Normal	0,01306
Cobertura	Normal	423	90,3	0,01194	Normal	0,01194
Mont. (E)	Normal	68,5	15,3	0,01306	Normal	0,01306
Mont. (I)	Normal	341	93,4	0,01457	Beta	0,01080
Autodave	Normal	216	52,2	0,01433	Uniforme	0,01339
Desmt. (I)	Normal	43,2	9,86	0,04090	Erlang	0,04060
Desmt. (E)	Normal	45,6	10,7	0,00852	Normal	0,00852
Ex. Final	Normal	74,2	22,1	0,01670	Weibull	0,01264

Fonte: Autor (2016)

Como observado na Tabela 1, durante o tratamento de dados, houve alguns processos que o *Input Analyzer* não sugeriu como distribuição normal, muito provavelmente devido à insuficiência de dados. Contudo, ainda sim esses dados foram ajustados à distribuição normal visto que, de acordo com a teoria utilizada como base para a realização deste trabalho, é essa distribuição que melhor representa esse tipo de processo. Para verificar se essa adaptação não prejudicaria a simulação, foram comparados os resultados da simulação com as distribuições sugeridas pelo *Input Analyzer* com os resultados da simulação com todos os dados ajustados à distribuição normal, e as diferenças nos resultados foram mínimas não afetando de maneira significativa os resultados.

5.2.2. Taxas de pneus para consertos, pneus recusados e retrabalhos

A empresa forneceu informações a respeito de sua produção referente ao segundo semestre de 2015 para que fosse calcular as taxas de recusas e de retrabalho. As taxas foram calculadas separadamente por cada mês. No modelo de simulação foi utilizada uma média ponderada das taxas mensais, a Tabela 2 mostra a quantidade total de pneus que chegaram à empresa e quantos deles foram realizados apenas consertos. Na Tabela 3 estão os pneus que além de reformas também receberam consertos. As taxas de recusas se encontram na Tabela 4 e, por último, na Tabela 5 estão as taxas de retrabalhos.

Tabela 2: Quadro de taxas de pneus que entraram no processo apenas para conserto

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
TOTAL DE PNEUS	1230	1194	1191	1243	1030	1079	1161,17
APENAS CONserto	91	80	69	79	62	66	74,50
APENAS CONserto (%)	7,40%	6,70%	5,79%	6,36%	6,02%	6,12%	6,42%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 3: Quadro de taxas de reformas que receberam consertos

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
TOTAL DE REFORMAS	1139	1114	1122	1164	968	1013	1086,67
Reformas que necessitaram conserto	444	468	449	407	397	365	421,67
Reformas que necessitaram conserto (%)	38,98%	42,01%	40,02%	34,97%	41,01%	36,03%	38,80%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 4: Quadro de taxas de pneus recusados

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
TOTAL DE RECUSADOS	254	182	171	197	123	102	171,50
TOTAL DE RECUSADOS (%)	20,65%	15,24%	14,36%	15,85%	11,94%	9,45%	14,77%
Recusados Exame Inicial	238	176	167	189	115	99	164,00
Recusados Exame Inicial (%)	19,35%	14,74%	14,02%	15,21%	11,17%	9,18%	14,12%
Recusados Raspagem	13	4	1	4	4	1	4,50
Recusados Raspagem (%)	1,06%	0,34%	0,08%	0,32%	0,39%	0,09%	0,39%
Recusados Escareação	3	2	3	4	4	2	3,00
Recusados Escareação (%)	0,24%	0,17%	0,25%	0,32%	0,39%	0,19%	0,26%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 5: Quadro de taxas de pneus retrabalhados

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
RETRABALHOS	24	25	23	17	21	9	19,83
RETRABALHOS (%)	1,95%	2,09%	1,93%	1,37%	2,04%	0,83%	1,71%
Acabamento ou Vulcanização	16	12	13	12	14	5	12,00
Acabamento ou Vulcanização (%)	66,67%	48,00%	56,52%	70,59%	66,67%	55,56%	60,50%
Substituição de banda de rodagem	8	13	10	5	7	4	7,83
Substituição de banda de rodagem (%)	33,33%	52,00%	43,48%	29,41%	33,33%	44,44%	39,50%

Fonte: Autor (2016)

5.3. ANÁLISE DA SIMULAÇÃO

O modelo de simulação desenvolvido foi executado utilizando-se *software* Arena. O modelo foi executado simulando um mês de produção, considerando que um mês são quatro semanas exatas de cinco dias úteis, totalizando vinte dias com oito horas de produção cada. Além disso, a simulação possui cinco dias de aquecimento do sistema, para que ele não se iniciasse do zero, tornando o modelo mais coerente com o sistema real.

Foi realizado um total de cinco replicações para as simulações. O número de replicações foi determinado de modo que mais replicações, a partir do número determinado, não alteraram as estatísticas significativamente, ou seja, a partir de cinco replicações os resultados são equivalentes.

A partir dos relatórios gerados a sobre os a utilização recursos e sobre as filas do sistema, foi possível identificar os etapas gargalos do sistema, ou seja, todos os pontos do

sistema que possuem a utilização média elevada, ocasionando em filas e por consequência, limitando a capacidade final de produção.

Dessa forma, através das informações obtidas no relatório da simulação foram verifica-se que os processos que integram os principais gargalos do sistema são as etapas de escareação e de vulcanização, como já era previsto de acordo com os conhecimentos da empresa. Para confirmar essa afirmação foram realizadas simulações com os dados de demanda atuais da empresa. A seguir, na Tabela 6, estão os resultados gerais da simulação, na Tabela 7 os resultados acerca das filas e, na Tabela 8, os resultados sobre as taxas de utilização dos recursos.

Tabela 6: Dados gerais da simulação com a demanda média atual

Entrada de pneus	1186	Retrabalho de vulcanização	15
Pneus finalizados	960	Retrabalho de raspagem	1
Pneus que ficaram no processo	64	Total de retrabalhos	16
Média de pneus no processo	40,19		
Número máximo de pneus no sistema	60	Recusados no exame inicial	156
Tempo médio do pneu em processo	235,07 minutos	Recusados na raspagem	4
Tempo médio em espera	98,58 minutos	Recusados na escareação	2
Tempo médio do pneu no sistema	333,65 minutos	Total de pneus recusados	162

Fonte: Autor (2016)

Tabela 7: Filas relacionadas aos processos com a demanda média atual

Etapa	Processo	Tempo Médio de Espera (min)	Tempo Máximo de Espera (min)	Média de Unidades em Espera	Máximo de Unidades em Espera
1	Limpeza	2,165	26,500	0,254	7,000
2	Exame Inicial	3,357	25,024	0,393	8,000
3	Raspagem	0,305	5,727	0,029	2,000
4	Escareação	10,900	57,350	1,016	8,000
5	Conserto	0,609	7,989	0,026	2,000
6	Aplicação de Cola	0,687	12,324	0,069	3,000
7	Enchimento	2,541	23,522	0,255	4,000
8	Cobertura	3,938	38,113	0,394	5,000
9	Montagem Envelope Externo	0,129	4,853	0,013	2,000
10	Montagem Envelope Interno	1,534	12,988	0,154	3,000
11	Lote para Vulcanizar	75,302	230,780	7,642	16,000
	Vulcanização	0,000	0,000	0,000	0,000
12	Desmontagem Envelope Interno	7,960	39,576	0,804	16,000
13	Desmontagem Envelope Externo	1,329	5,410	0,135	6,000
14	Exame Final	2,875	11,123	0,292	8,000

Fonte: Autor (2016)

Tabela 8: Taxa de utilização dos recursos com a demanda média atual

Etapa	Recurso	Média de Utilização
1 e 2	Homem Limpador/Examinador	0,6241
3	Homem Raspador	0,3115
4	Homem Escareador	0,7303
5 e 6	Homem Reparador/Aplicador de Cola	0,3513
7	Homem Enchedor	0,5764
8	Homem Cobridor	0,7037
9 e 13	Homem Mont./Desmont. Envelope Externo	0,1926
10 e 12	Homem Mont./Desmont. Envelope Interno	0,6455
14	Homem Expedidor	0,1259
1	Equip. Máquina de Limpeza	0,2761
2	Equip. Inspeccionadora	0,348
3	Equip. Raspadora	0,3115
4	Equip. Cabine de Escareação	0,7303
5	Equip. Máquina de Conserto	0,1968
6	Equip. Cabine de Cola	0,1546
7	Equip. Extrusora	0,5764
8	Equip. Roletadeira	0,7037
9 e 13	Equip. Envelopadeira	0,1926
10 e 12	Equip. Mesa de Montagem	0,6455
11	Equip. Autoclave	0,6641
14	Equip. Examinadora	0,1259

Fonte: Autor (2016)

Como pode ser observada nos resultados dos relatórios mostrado na Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8, a etapa em que os pneus mais gastam tempo ou aguardando sua desocupação é na etapa de vulcanização, com uma média de espera de 75,30 minutos, o que já era de se esperar, visto que, por ser uma etapa que não opera nos pneus um a um, mas sim em um lote de vários pneus, para que seja mais bem aproveitada essa etapa, que são limitadas, ela só ocorre com sua capacidade total de dezesseis pneus, ou seja, a autoclave só é ligada quando está com sua completa lotação.

Assim o grande tempo de espera nessa etapa ocorre devido à falta de pneus no sistema para fechar o lote necessário para iniciar o processo, contudo caso a demanda aumente e haja um volume maior de pneus em processamento no sistema, esse tempo de espera certamente irá diminuir.

Portanto, o que limita a etapa vulcanização são os horários de consumo energético e do expediente de funcionamento, pois a autoclave não pode funcionar em certos horários, nos horários de pico (horário de maior consumo energético) o custo chega a ser cinco vezes mais alto que nos horários fora de pico. Assim, só são possíveis apenas duas rodadas de vulcanização para cada autoclave dentro do expediente, ou seja, quatro vulcanizações por dia.

Dessa forma, a etapa de vulcanização faz com que a capacidade máxima da empresa seja limitada a 1280 reformas, sendo que cada vulcanização comportam dezesseis pneus, por dia seriam 64 reformas, em uma semana de funcionamento seriam 320 e, por fim, em um mês de quatro semanas totalizariam um máximo de 1280 reformas.

Contudo, de acordo com a empresa, seria simples, caso necessário, adicionar mais duas rodadas de vulcanizações extras por dia, aumentando a capacidade para mais de dois mil pneus, fazendo com que etapa de vulcanização não seja uma limitadora da capacidade. Essas duas rodadas extras seriam realizadas antes do expediente, o custo para isso seria a ampliação do horário de funcionamento, reduzindo assim a margem de lucro devido ao aumento no custo de produção.

A etapa de desmontagem de envelope interno possui tempo de fila elevado pelo simples fato de que após a vulcanização são liberados de uma só vez dezesseis pneus, ou seja, os pneus já chegam ao processo com uma grande fila formada. Contudo, de acordo com o supervisor de produção da empresa, essa etapa não é considerada gargalo do processo, o que pode ser confirmado pela sua taxa de utilização.

Dessa forma, podemos observar que, o grande gargalo do processo é a etapa de escareação, que é a que possui maior tempo médio de espera (10,9 minutos) e taxa de utilização (73,03%). Seguido pela etapa de cobertura com tempo médio de espera de 3,93 minutos e taxa de utilização em 70,37%.

5.4. GERAÇÃO DE CENÁRIOS

5.4.1. Demanda máxima e confirmação dos gargalos

Os resultados apresentados no item anterior serviram para confirmar a validade do modelo de acordo com a realidade. Dado que, conhecidos os gargalos do sistema, caso a demanda supere a capacidade máxima de produção, são neles onde os investimentos de ampliação da capacidade devem ser direcionados.

Para confirmar os gargalos e para que a capacidade máxima atual do sistema real fosse definida, simulações foram elaboradas com demandas alternativas. Foram elaborados cenários onde a demanda aumentasse gradativamente até chegar ao ponto onde o modelo não fosse mais capaz de atendê-la. Assim, produzindo sob um alto volume de demanda é possível observar os resultados com o sistema atuando em sua capacidade total, permitindo então

definir qual o número médio de reformas mensais a reformadora é capaz de produzir sem novos investimentos em capacidade.

A cada simulação o volume de entrada de entidades foi aumentado em 10% até que os gargalos do sistema estivessem atuando com uma taxa de 100% de utilização e, assim como na simulação anterior, foram considerados cinco dias de aquecimento do sistema, para que ele não se iniciasse do zero, tornado assim o modelo mais fiel à realidade. A seguir, nas Tabelas 9, 10 e 11, seguem os relatórios gerados na simulação onde o sistema atuou com capacidade total, ou seja, onde gargalos atuaram com 100% de taxa de ocupação. Na Tabela 9, estão os resultados gerais, na Tabela 10 os resultados acerca das filas e, na Tabela 11, os resultados sobre as taxas de utilização dos recursos.

Tabela 9: Dados gerais da simulação com a demanda em novo cenário

Entrada de pneus	1729	Retrabalho de vulcanização	12
Pneus finalizados	1347	Retrabalho de raspagem	1
Pneus que ficaram no processo	118	Total de retrabalhos	16
Média de pneus no processo	103,91	Recusados no exame inicial	254
Número máximo de pneus no sistema	137	Recusados na raspagem	7
Tempo médio do pneu em processo	228,44 minutos	Recusados na escareação	3
Tempo médio em espera	361,97 minutos	Total de pneus recusados	264
Tempo médio do pneu no sistema	590,4 minutos		

Fonte: Autor (2016)

Tabela 10: Filas relacionadas aos processos com a demanda em novo cenário

Etapa	Processo	Tempo Médio de Espera (min)	Tempo Máximo de Espera (min)	Média de Unidades em Espera	Máximo de Unidades em Espera
1	Limpeza	15,445	80,624	2,610	18,000
2	Exame Inicial	17,417	80,708	2,981	20,000
3	Raspagem	0,399	6,112	0,054	2,000
4	Escareação	293,660	549,940	39,749	72,000
5	Conserto	1,235	16,041	0,073	3,000
6	Aplicação de Cola	1,300	19,193	0,181	4,000
7	Enchimento	6,960	37,346	0,970	7,000
8	Cobertura	47,529	167,930	6,620	26,000
9	Montagem Envelope Externo	0,173	4,796	0,024	1,000
10	Montagem Envelope Interno	3,436	16,556	0,479	3,000
11	Lote para Vulcanizar	53,906	142,780	7,553	16,000
	Vulcanização	0,577	14,442	0,005	1,000
12	Desmontagem Envelope Interno	14,285	63,057	2,019	16,000
13	Desmontagem Envelope Externo	1,473	5,486	0,209	6,000
14	Exame Final	2,806	10,558	0,398	7,000

Fonte: Autor (2016)

Tabela 11: Taxa de utilização dos recursos com a demanda em novo cenário

Etapa		Recurso	Média de Utilização
1 e 2	Homem	Limpador/Examinador	0,920
3	Homem	Raspador	0,449
4	Homem	Escareador	1,000
5 e 6	Homem	Reparador/Aplicador de Cola	0,486
7	Homem	Enchedor	0,807
8	Homem	Cobridor	0,976
9 e 13	Homem	Mont./Desmont. Envelope Externo	0,266
10 e 12	Homem	Mont./Desmont. Envelope Interno	0,893
14	Homem	Expedidor	0,178
1	Equip.	Máquina de Limpeza	0,400
2	Equip.	Inspecionadora	0,517
3	Equip.	Raspadora	0,449
4	Equip.	Cabine de Escareação	1,000
5	Equip.	Máquina de Conserto	0,270
6	Equip.	Cabine de Cola	0,216
7	Equip.	Extrusora	0,809
8	Equip.	Roletadeira	0,976
9 e 13	Equip.	Envelopadeira	0,266
10 e 12	Equip.	Mesa de Montagem	0,893
11	Equip.	Autoclave	0,922
14	Equip.	Examinadora	0,178

Fonte: Autor (2016)

O novo cenário desenvolvido teve seu volume da taxa de entrada aumentado em 50% para que fosse alcançada uma taxa de utilização do gargalo próxima a cem por cento. Analisando os resultados dos relatórios gerados podemos confirmar que a etapa de escareação é o principal gargalo, chegando a ter uma taxa de utilização de 100% e um tempo de espera médio de 293,66 minutos, chegando a um máximo de 549,94 minutos, que é muito maior que o tempo médio que o pneu percorre todo o sistema na demanda atual.

Outro grande gargalo também que aparece é na etapa de cobertura do pneu, o a taxa de utilização alcançou uma média de 97,59% com tempo médio de fila de 47,53 minutos. Além disso, como as etapas de limpeza do pneu e do exame inicial são realizadas por um mesmo funcionário, sua taxa de utilização também foi chegou a um nível de 91,69% de utilização.

Pode se observar que nesse novo cenário, o volume de espera é tão grande que os pneus passam mais tempo em filas do que em processo, pois o tempo médio de pneus em processo é de 103,91 minutos contra 361,97 minutos de tempo médio de espera, fazendo com que o tempo médio total que o pneu leva para percorrer todo o sistema seja de 590,4 minutos (9,8 horas), que é mais que o tempo de expediente de um dia.

Entraram no sistema 1729 pneus e foram finalizadas 1347 reformas, logo essa é a capacidade máxima de reformas da empresa, considerando as taxas de recusas e de retrabalhos atuais. Mesmo sobrando 118 pneus em processo, esses pneus são desconsiderados visto que, assim como na simulação anterior foram considerados cinco dias de aquecimento do sistema, ou seja, ele não começou a partir do zero, do mesmo modo que terminou o sistema já se iniciou com pneus em processamento.

Esse valor de capacidade máxima não pode ser aplicado em sua totalidade na prática, visto que na prática é totalmente impraticável um processo com uma taxa de utilização em cem por cento. Além do mais, outras variáveis também foram desconsideradas por falta de dados, como falhas de equipamentos, falta de funcionários, queda de energia elétrica por exemplo.

5.4.2. Aumentando da capacidade dos gargalos

Para entender e demonstrar quais seriam os próximos gargalos caso os atuais fossem desafogados, foi desenvolvido outro cenário onde os principais gargalos atuais, os processos de escareação e de cobertura, tiveram suas capacidades dobradas, ou seja, nesse novo cenário teremos dois postos de escareação e dois postos de cobertura em atividade.

Diante desse incremento de recursos e também de demanda, foi possível identificar quais são os novos gargalos que surgiram no sistema e qual a nova capacidade de máxima de produção com esse aumento de recursos. Contudo, esse novo valor da capacidade máxima é também apenas uma estimativa, visto que, como dito anteriormente, um processo com taxa de utilização em cem por cento é impraticável.

Dessa forma, seguem os resultados da simulação para esse cenário:

Tabela 12: Dados gerais da simulação com os recursos em novo cenário

Entrada de pneus	1821	Retrabalho de vulcanização	20
Pneus finalizados	1451	Retrabalho de raspagem	1
Penus que ficaram no processo	99	Total de retrabalhos	21
Média de pneus no processo	87,55		
Número máximo de pneus no sistema	135	Recusados no exame inicial	258
Tempo médio do pneus em processo	230,49 minutos	Recusados na raspagem	7
Tempo médio em espera	238,43 minutos	Recusados na escareação	6
Tempo médio do pneu no sistema	468,92 minutos	Total de pneus recusados	271

Fonte: Autor (2016)

Tabela 13: Filas relacionadas aos processos com os recursos em novo cenário

Etapa	Processo	Tempo Médio de Espera (min)	Tempo Máximo de Espera (min)	Média de Unidades em Espera	Máximo de Unidades em Espera
1	Limpeza	6,032	36,547	1,086	11,000
2	Exame Inicial	7,626	39,735	1,373	10,000
3	Raspagem	0,547	6,973	0,078	2,000
4	Escareação	1,017	16,834	0,144	4,000
5	Conserto	1,782	17,326	0,113	3,000
6	Aplicação de Cola	1,824	20,969	0,276	6,000
7	Enchimento	12,464	74,072	1,889	13,000
8	Cobertura	0,137	5,839	0,021	2,000
9	Montagem Envelope Externo	0,7475	25,670	0,113	5,000
10	Montagem Envelope Interno	7,704	34,075	1,168	6,000
11	Lote para Vulcanizar	48,656	153,490	7,527	16,000
	Vulcanização	122,820	235,230	1,183	3,000
12	Desmontagem Envelope Interno	57,891	282,990	8,877	48,000
13	Desmontagem Envelope Externo	5,840	26,664	0,895	31,000
14	Exame Final	4,995	24,072	0,766	20,000

Fonte: Autor (2016)

Tabela 14: Taxa de utilização dos recursos com os recursos em novo cenário

Etapa	Recurso	Média de Utilização
1 e 2	Homem Limpador/Examinador	0,967
3	Homem Raspador	0,474
4	Homem Escareador	0,561
5 e 6	Homem Reparador/Aplicador de Cola	0,524
7	Homem Enchedor	0,875
8	Homem Cobridor	0,540
9 e 13	Homem Mont./Desmont. Envelope Externo	0,292
10 e 12	Homem Mont./Desmont. Envelope Interno	0,908
14	Homem Expedidor	0,191
1	Equip. Máquina de Limpeza	0,415
2	Equip. Inspeccionadora	0,552
3	Equip. Raspadora	0,474
4	Equip. Cabine de Escareação	0,561
5	Equip. Máquina de Conserto	0,291
6	Equip. Cabine de Cola	0,233
7	Equip. Extrusora	0,875
8	Equip. Roletadeira	0,540
9 e 13	Equip. Envelopadeira	0,292
10 e 12	Equip. Mesa de Montagem	0,908
11	Equip. Autoclave	1,000
14	Equip. Examinadora	0,191

Fonte: Autor (2016)

Com os resultados desse cenário, onde os recursos dos antigos gargalos, escareação e cobertura, foram incrementados, podemos claramente observar que o principal gargalo de produção que surge é a etapa de vulcanização, pois foi o processo que atingiu 100% de sua taxa de utilização com o aumento de demanda. Além disso, o funcionário responsável pela limpeza e exame inicial está com uma taxa de utilização de 96,73%, o montador/desmontador de envelope interno como uma taxa de 90,84% e o enchedor com taxa de 87,50% também podem ser considerados gargalos pela elevada taxa de utilização.

Entretanto, analisando e comparando as taxas de utilização dos demais processos, é possível perceber que vários outros estão com uma taxa elevada. Isso quer dizer que agora, como a eliminação dos antigos gargalos, o sistema está mais equilibrado, ou seja, com o aumento de demanda mais processos chegam perto de sua capacidade limite do que antes. Nesse ponto, caso a empresa optasse por ampliar ainda mais a capacidade, ela deveria realizar investimentos em diversos processos.

5.5. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento desse novo cenário de demanda que permitiu, além de alcançar o objetivo geral deste trabalho, confirmar quais são as etapas gargalos do sistema atual e quais seriam os possíveis outros gargalos que surgem com o aumento intensivo da demanda. Proporcionando assim, que a empresa tenha conhecimento com embasamento técnico acerca de seus pontos críticos presentes em seu sistema produtivo.

Diante disso, foram elaboradas algumas sugestões em vista de aumentar a capacidade produtiva da empresa, através de ações que buscam aliviar os gargalos de produção, sem que haja necessidade de novos investimentos estruturais. Assim, com uma capacidade produtiva maior, a empresa distanciará o seu limite de produção da demanda atual, fazendo com que se diminua a necessidade de investimentos para acompanhar um aumento na demanda.

Como observado, o maior gargalo da empresa é a etapa de escareação. Para o seu funcionamento são necessários dois recursos, um funcionário (escareador) e uma cabine de escareação com os devidos equipamentos e matérias necessários para a atividade. A empresa funciona atualmente com apenas um de cada desses recursos, contudo na reformadora há outra cabine de escareação inativa, portanto, ao se colocar um funcionário nessa segunda cabine dobraríamos a capacidade dessa etapa, aliviando assim esse gargalo de produção.

Caso a empresa não queira admitir um novo funcionário para ocupar a segunda cabine de escareação, a sugestão é seria colocar um funcionário de outra etapa, uma que possua baixa taxa de utilização, para realizar a atividade de escareação em seu tempo de ociosidade, mas sempre priorizando a sua atividade principal.

Na etapa de cobertura, que também se mostrou um gargalo no cenário de alta demanda, acontece algo parecido, pois também há duas máquinas para realizar a cobertura e apenas um funcionário responsável por essa etapa, ele usa uma máquina ou outra de acordo com tipo de reforma que o pneu receberá. Assim, a sugestão é semelhante, alocar um funcionário de uma etapa de baixa taxa de utilização para atuar na cobertura.

Podemos ainda, estender essa mesma sugestão para a etapa de limpeza, visto que há apenas um funcionário para realizar a etapa de limpeza e de exame inicial. A etapa de limpeza é simples e qualquer funcionário da produção pode realizá-la, aliviando assim a taxa de ocupação desse funcionário que também se mostrou alta no cenário de alta demanda.

Portanto, as sugestões seriam as seguintes para aliviar os gargalos:

- ✓ Treinar o examinador final, que é o funcionário com menor taxa de ocupação, para atuar na segunda cabine de escareação.
- ✓ Pela proximidade entre uma etapa e outra e facilitando assim a movimentação dentro da empresa, para operar a segunda máquina de cobertura de pneus o indicado seria um dos montadores/desmontadores de envelopes.
- ✓ E por fim, para diminuir a taxa de ocupação do funcionário responsável pela limpeza e exame inicial, o raspador será quem irá auxiliar na etapa exame inicial.

Em todas as sugestões propostas os investimentos necessários são mínimos, os custos estão voltados à mão de obra e treinamentos internos, tornando possível aliviar grandes pontos críticos do processo produtivo com ações relativamente simples e um custo econômico baixo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi conduzido pelo objetivo de estudar e definir o quanto a reformadora é capaz de acompanhar o crescente aumento na demanda de reformas de pneus sem a necessidade de realizar investimentos de capacidade. Mas para que isso ocorresse foi necessária à realização de diversos outros estudos sobre o sistema de produção atual da empresa.

Para melhor embasamento do estudo, foram realizadas pesquisas a fim de proporcionar um melhor embasamento teórico, permitindo um desenvolvimento em metodologias de pesquisas e análise de diferentes bibliografias. O trabalho também possibilitou que o autor desenvolvesse a teoria estudada em sala de aula de forma prática, contextualizando-a em um ambiente real, criando uma aproximação com o real ambiente de atuação de um engenheiro de produção, fazendo com que o trabalho cumprisse com seus objetivos acadêmicos.

O trabalho possibilitou mostrar também, como a simulação computacional é uma ferramenta de grande importância na realização de estudos sobre sistemas produtivos, permitindo a elaboração de diferentes cenários e gerando resultados que proporcionam valiosas informações para administração das empresas fundamentando a tomada de decisão.

Os resultados obtidos nas simulações mostraram o quão perto a produção média atual está de sua capacidade máxima. Com o crescente aumento que a demanda vem sofrendo a cada ano, o modelo comprova que caso a empresa deseja acompanhar o volume de demanda investimentos visando aumentar a capacidade de produção logo serão necessários, visto que ela já atua com certa proximidade ao seu limite. Contudo, se os investimentos serão realizados ou não, isso é uma decisão única e exclusivamente da diretoria da empresa. O presente estudo tem como objetivo apenas conceder dados e informações para essa decisão.

Tendo como base este estudo, é possível a realização de trabalhos futuros, como sugestão poderia se realizar o aprimoramento simulação deste trabalho, adicionando maior quantidade de dados de entrada e incluindo variáveis que foram desconsideradas, tornando assim o projeto de simulação mais completo. Outra sugestão seria, através das ferramentas da engenharia de produção e da simulação computacional, o estudo de *layout*, caso investimentos em estrutura para aumento de capacidade fossem necessários. E também é possível a partir deste trabalho realizar outros estudos pertinentes à engenharia de produção.

Por fim, pode se concluir que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, as pesquisas necessárias foram realizadas, foram elaboradas as simulações e com os resultados as informações desejadas foram obtidas, proporcionando um aperfeiçoamento teórico do tema em um ambiente de realidade empresarial, resultando em um desenvolvimento acadêmico para o autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANKS, Jerry et al. **Discrete-Event System Simulation**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004.

BARNETT, V. e LEWIS, T.; **Outliers in statistical data**; New York; Willey, 1978.

CHWIF, L., MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**, São Paulo, Editora Bravarte, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRÂNSITO. **BOLETIM ESTATÍSTICO - CNT - Fevereiro 2014**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>> Acesso em: 27 de novembro de 2015.

DIEHL, Astor Antonio. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**, 1 ed, São Paulo, Visual Books, 2001.

HAWKINS, DOUGLAS M.; **Identification of Outliers**; Chapman and Hall. 1980.

KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., SADOWSKI, D. A. **Simulation with ARENA**. 3 Ed, New York, McGraw-Hill Companies Inc, 2004.

LOPES, A. **Reforma é boa opção**. Revista Pnews. São Paulo, fev. 2005. Disponível em: <<http://www.abr.org.br>> Acesso em 18 de dezembro de 2015.

MOURA, R. A. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais**. 4. ed. São Paulo: IMAM, 1998.

NIKKEL, Walter. **Estatística Aplicada à Produção**. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2007.

PARAGON, Disponível em <<http://www.paragon.com.br>>, Acesso em 18 de dezembro de 2015.

RAMOS, Paulo; RAMOS, Magda Maria; BUSNELLO, Saul José. **Manual prático de metodologia da pesquisa**: artigo, resenha, projeto, TCC, monografia, dissertação e tese.

RG PNEUS LTADA. **A Empresa**. Disponível em: <<http://www.gruporgpneus.com.br>> Acesso em: 11 de dezembro de 2015.

ROCHA, Luís Oswaldo Leal da – **Organização e Métodos Uma Abordagem Prática** – Editora Atlas – 6ª Edição – 1991.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrósio. **Introdução ao sistema de transporte no Brasil e a logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

SANTOS, M. P. **Introdução à Simulação Discreta**. Departamento de Matemática aplicada. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999.

SCHRIBER, T. J. **Simulation Using GPSS**, New York, Wiley, 1974.

SILVA, Luiz Augusto Tagliacollo. **Logística no comércio exterior**. São Paulo: Aduaneiras, 2004.

APÊNDICE A

Fluxograma do sistema de produção

