

**O estudo de tempos na determinação da capacidade produtiva: um caso em uma reformadora de pneus em Governador Valadares, Minas Gerais**

**DOI: 10.31994/rvs.v15i2.1008**

Erick Magno Garcia de Oliveira<sup>1</sup>

Heitor Cardoso de Brito<sup>2</sup>

**RESUMO**

O modal rodoviário se destaca como o mais significativo no transporte de cargas no Brasil, sendo imprescindível que as empresas estejam aptas a satisfazer as exigências do setor. Neste contexto, o objetivo geral deste estudo foi determinar a capacidade produtiva do processo de recapagem em uma empresa do ramo de reforma de pneus, por meio do estudo de tempos e da aplicação de fundamentos da teoria das restrições. Para atingir o objetivo proposto, foi conduzido um estudo de caso de abordagem qualiquantitativa, classificado, conforme seus objetivos, como exploratório e descritivo. Após uma pesquisa bibliográfica, documental e visitas *in loco* à reformadora de pneus, elaborou-se um fluxograma do processo, foram determinados os tempos padrão e as capacidades produtivas dos elementos do processo, resultando na identificação do gargalo, denominado "Aplicação de Cola", responsável por limitar a capacidade do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE: RECAPAGEM. ESTUDO DE TEMPOS. CAPACIDADE PRODUTIVA. TEORIA DAS RESTRIÇÕES. GARGALO.**

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares (IFMG-GV), E-mail: erickmagn78@gmail.com, ORCID ID 0009-0004-7945-380X.

<sup>2</sup> Mestre em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri *campus* JK (UFVJM), E-mail: heitor.cardoso@ifmg.edu.br, Professor do Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares (IFMG-GV), ORCID ID 0000-0002-3028-2112

## INTRODUÇÃO

Um pneu, após esgotar sua vida útil, pode ser submetido a processos de reforma, prolongando assim sua durabilidade e conferindo inúmeros benefícios econômicos e ambientais. O método de recapagem, conforme caracterizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), é a abordagem mais prevalente no Brasil, apresentando um produto que se assemelha a um pneu novo mediante a substituição da banda de rodagem, isto é, a parte que mantém contato com a superfície do solo (BRASIL, 2022).

Os pneus reformados, de acordo com dados da Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus (c2024), correspondem a dois terços dos utilizados em caminhões e ônibus que transitam pelo território nacional. Tal prática proporciona uma economia significativa ao setor de transporte, estimada em cerca de 7 bilhões de reais por ano. Além disso, a atividade de reforma gera aproximadamente 5 bilhões de reais em faturamento anual, considerando não apenas as unidades de reformadoras de pneus, mas também os fabricantes de matéria-prima, máquinas e equipamentos.

O modal de transporte rodoviário se destaca como o mais significativo para o escoamento de cargas, apresentando uma taxa crescente de investimentos federais no setor. De acordo com dados divulgados pela Confederação Nacional do Transporte (2024), ele detém uma participação de 64,85% no transporte de cargas no Brasil e R\$2.925,85 milhões em investimentos autorizados pela União, uma parcela considerável dos R\$17.564,59 milhões em investimentos autorizados para o setor de transporte, constituindo o maior volume desde 2014.

Com a alta demanda por pneus reformados no segmento de transporte rodoviário e o significativo investimento no setor, torna-se imperativo que os fabricantes e prestadores de serviços estejam capacitados para atender essas demandas de maneira eficiente. O estudo de tempos possibilita às empresas estabelecerem tempos padrão para cada um de seus processos, permitindo, assim, avaliação de sua capacidade e identificação de seus gargalos. Segundo Fontana

(2024), as decisões relacionadas à capacidade têm o potencial de influenciar a aptidão da organização em atender às demandas futuras.

Considerando o contexto mencionado, o objetivo geral deste estudo é determinar a capacidade produtiva do processo de recapagem em uma empresa do ramo de reforma de pneus, baseando-se no estudo de tempos e na aplicação dos fundamentos da teoria das restrições. A pesquisa é relevante pois fornece à empresa as informações necessárias para planejar futuros aumentos de capacidade, possibilitando a identificação e o foco no gargalo presente em seu processo.

Para o desenvolvimento do estudo, foi adotada uma metodologia de caráter exploratório e descritivo, com abordagem qualiquantitativa. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica, documental e de campo. As medições de tempo foram feitas com o auxílio de um cronômetro digital, com base em um roteiro de observação sistemática. Os cálculos e a elaboração das tabelas foram realizados utilizando o software *Microsoft Excel*.

Este trabalho está organizado em cinco partes. A primeira apresenta a introdução. A segunda aborda o referencial teórico, com tópicos como fluxograma de processos, estudo de tempos e capacidade produtiva. A terceira descreve a metodologia adotada. A quarta parte apresenta os resultados e discussões, incluindo o fluxograma do processo, a coleta de dados e os resultados dos cálculos. Por fim, a quinta parte traz as considerações finais, nas quais são destacados os principais resultados do estudo e propostas sugestões para futuras pesquisas.

## **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

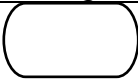
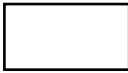
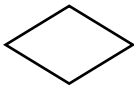




Nesta seção, apresentaremos o referencial teórico que embasa a análise deste estudo, abordando quatro assuntos principais: fluxograma de processos, estudo de tempos, capacidade produtiva e a teoria das restrições.

## 1.1 Fluxograma de processos

A documentação e registro dos processos conferem uma visão detalhada e uma avaliação aprimorada. Ritzman e Krajewski (2004) delineiam três técnicas eficazes para essa tarefa, quais sejam: fluxogramas, mapas de processo e simulação. Tais técnicas possibilitam a visualização dos estados anterior e posterior ao processo, podendo ser complementadas posteriormente com estimativas de tempo para cada tarefa.

Conforme Seixas (2020), o fluxograma é um diagrama disposto de maneira organizada e ordenada, com passos sequencias e simbologia padronizada, representando graficamente os passos do processo e a interdependência entre as etapas. Corrêa e Corrêa (2007) destacam essa ferramenta como eficaz e comumente empregada para representar processos que envolvem etapas dependentes de tomada de decisão. A figura 1 exibe a legenda de símbolos que serão empregados nesse artigo para a elaboração dos fluxogramas.

Figura 1 - Simbologia utilizada em fluxogramas.

	Indica o início ou o fim do processo.
	Indica cada atividade que precisa ser executada.
	Indica um ponto de tomada de decisão (Testa-se uma afirmação. Se verdadeira, o processo segue por um caminho, se falsa, por outro).
	Indica a direção do fluxo de um ponto ou atividade para outro.
	Indica os documentos utilizados no processo.
	Indica espera. No interior do símbolo é apresentado o tempo aproximado de espera.
	Indica que o fluxograma continua a partir deste ponto em outro círculo com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior.

Fonte: Peinado e Graeml (2007)

## 1.2 Estudo de Tempos

Um precursor nas técnicas de estudos de tempos, Frederick Taylor exerceu uma influência significativa na indústria por meio da aplicação do seu método científico. Ele foi o responsável por aproximar a administração de empresas e a ciência, estabelecendo uma cooperação mútua com os trabalhadores (BARNES, 1977). Taylor desempenhou um papel fundamental na evolução dos métodos de gerenciamento de tempo e eficiência nas operações, introduzindo o estudo de tempos na indústria e estruturando a administração científica (LÉLIS, 2015).

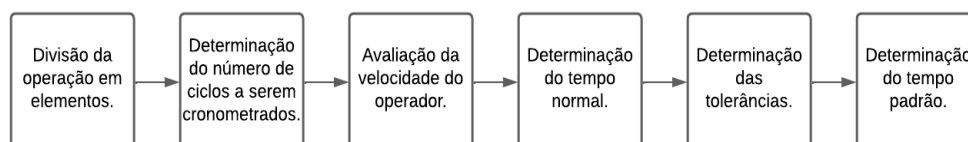
Conforme destacado por Lira (2022), o estudo de tempos emerge como a uma necessidade inerente da sociedade, quando a demanda de consumo deixa de ser por trabalhos artesanais e únicos, passando a ser por produtos em maior volume e a preços mais baixos. Em consequência, torna-se importante realizar estudos para que o trabalhador possa produzir mais, otimizando os tempos e reduzindo os custos.

Um dos métodos mais utilizados no estudo de tempos é a cronometragem. A partir dela, serão estabelecidos os tempos padrão para a produção, levando em consideração o ritmo do trabalhador, isto é, a velocidade com a qual desempenha suas atividades, bem como fatores de tolerância incluindo fadiga, jornada de trabalho e paradas para refeição. Desta forma, é possível obter uma duração esperada para um determinado processo (TÁLAMO, 2022).

Segundo Martins e Laugeni (2005), os tempos padrão de produção desempenham diversas finalidades, incluindo servir como base para vários outros aspectos relacionados ao processo produtivo. Tais finalidades englobam a análise do planejamento de capacidade, a realização de estimativas e levantamentos de custos, balanceamento e avaliação do desempenho da produção.

A determinação do tempo padrão de uma operação demanda a observação de diversas etapas metodológicas. A figura 2 apresenta, de maneira sequencial, cada uma dessas fases.

Figura 2 - Fluxo das etapas do estudo de tempos



Fonte: adaptado de Martins e Laugeni (2005)

### 1.2.1 Divisão da operação em elementos

A subdivisão da operação em partes menores resulta na identificação de seus elementos, os quais, essencialmente, consistem em frações do ciclo completo de trabalho, proporcionando o grau de detalhamento desejado. Essa abordagem inclui um início e um término claramente definidos para cada elemento, permitindo o armazenamento de dados suficientes para a subsequente reconstituição do processo. Vale ressaltar que a cronometragem da operação como um todo não ofereceria tal grau de detalhamento, podendo incorporar imprecisões ou ineficiências inerentes à atividade (TÁLAMO, 2022).

### 1.2.2 Determinação do número de ciclos

Para calcular o número adequado de ciclos a serem cronometrados, Martins e Laugeni (2005) preconizam a realização de cronometragens preliminares compreendendo entre cinco e sete ciclos, a partir da qual se extrairão a amplitude e a média. Posteriormente, é imperativo estabelecer valores para a probabilidade e o erro relativo, sendo os mais convencionais situados entre 90% e 95% para o primeiro e entre 5% e 10% para o segundo.

Conforme destacado por Peinado e Graeml (2007), uma quantidade específica de cronometragens se faz necessária para a determinação da média aritmética do tempo de uma atividade. Para alcançar tal objetivo, é essencial empregar um cálculo estatístico que permita determinar o número de ciclos nos quais a média obtida seja estatisticamente aceitável. A mencionada abordagem está representada pela fórmula 1.

$$N = \left( \frac{z \cdot R}{E_r \cdot d_2 \cdot \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N = Número de ciclos a serem cronometrados;

z = Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

R = Amplitude da amostra;

$E_r$  = Erro relativo da medida;

$d_2$  = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

$\bar{x}$  = Média dos valores das observações.

### 1.2.3 Avaliação da velocidade do operador

A determinação da velocidade ou ritmo do operador é realizada de maneira subjetiva durante a análise de tempo. Peinado e Graeml (2007) destacam esta como uma das etapas mais cruciais e, simultaneamente, desafiadoras, demandando o reconhecimento preciso da velocidade do operador e a atribuição da correspondente taxa de velocidade. A velocidade normal é designada com uma taxa de 100%, enquanto velocidades superiores ao padrão são avaliadas com valores acima de 100%, e velocidades inferiores ao padrão são representadas por valores abaixo de 100%.

Existem vários métodos para a avaliação da velocidade ou ritmo do operador, sendo um deles, proposto por Barnes (1977), o sistema *Westinghouse*. Este sistema emprega quatro fatores distintos, sendo: habilidade, esforço, condições e consistência. Cada um desses fatores é submetido a uma avaliação numérica, conforme delineado na figura 3. A taxa de velocidade ou ritmo é então obtida mediante a soma das avaliações atribuídas a cada um dos quatro fatores.

Figura 3 - Estimativas de desempenho

Habilidade			Esforço		
+0,15	A1	Super-hábil	+0,13	A1	Excessivo
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	Bom	+0,05	C1	Bom
+0,03	C2		+0,02	C2	
0,00	D	Médio	0,00	D	Médio
-0,05	E1	Regular	-0,04	E1	Regular
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	Fraco	-0,12	F1	Fraco
-0,22	F2		-0,17	F2	
Condições			Consistência		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Perfeita
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Boa	+0,01	C	Boa
0,00	D	Média	0,00	D	Média
-0,03	E	Regular	-0,02	E	Regular
-0,07	F	Fraca	-0,04	F	Fraca

Fonte: Barnes (1977)

#### 1.2.4 Determinação do tempo normal

Com a taxa de velocidade previamente determinada, obtida na etapa anterior, torna-se viável calcular o tempo normal mediante um ajuste no tempo cronometrado utilizando essa taxa, como demonstrado na fórmula 2. O tempo normal, conforme descrito por Tálamo (2022), refere-se ao período que um trabalhador qualificado levaria para executar a atividade em questão, operando em um ritmo considerado normal.

$$TN = TC \times V$$

(2)

Onde:

TN = Tempo normal;

TC = Tempo cronometrado;

V = Velocidade.



## 1.2.5 Determinação das tolerâncias

O tempo normal não incorpora qualquer margem de tolerância, uma vez que pressupõe que o trabalhador está executando suas tarefas de maneira contínua e sem interrupções. Costa Junior (2012) destaca que, na prática, isso não acontece, sendo necessário considerar perdas resultante das concessões por necessidades pessoais, pausas para descanso e/ou fadiga, a fim de evitar erros nas estimativas de capacidade no futuro. Assim, Barnes (1977) aponta os três fatores de tolerância a serem considerados:

- Tolerância Pessoal – tempo utilizado para atender às necessidades individuais, tais como hidratação e utilização de instalações sanitárias, variando de acordo com as características pessoais e a natureza do trabalho desempenhado;
- Tolerância para a fadiga – intervalo concedido para descanso, visando recuperar-se do cansaço decorrente da atividade exercida, sendo mais crucial em ocupações que demandam esforço físico intenso;
- Tolerância para espera – tempo de interrupção destinado ao operador devido a condições como ajustes de máquinas, falhas de equipamentos, variação nos materiais e interrupções por parte dos supervisores.

Em geral, para estabelecer a tolerância pessoal, é comum adotar uma faixa que varia entre 2% e 5% da jornada diária de trabalho. No que tange ao alívio da fadiga, as tolerâncias se situam em uma faixa de 10% a 50%, sendo este intervalo influenciado pela intensidade do trabalho desempenhado e pelas condições ambientais vigentes. No contexto das esperas, a definição das tolerâncias requer análises mais aprofundadas, geralmente conduzidas por meio de estudos contínuos ou amostragens realizadas ao longo de um período extenso, visando validar os valores obtidos (MARTINS e LAUGENI, 2022; PEINADO e GRAEML, 2007; TÁLAMO, 2022).

A determinação do fator de tolerância (FT), segundo Peinado e Graelm (2007), é expressa pela fórmula 3.

$$FT = \frac{1}{1-p}$$

(3)

Onde:

FT = Fator de tolerância;

p = Porcentagem do tempo ocioso.

#### 1.2.6 Determinação do tempo padrão

Após a determinação do tempo normal e a definição do fator de tolerância, o último cálculo a ser efetuado consistirá na determinação do tempo padrão. O tempo padrão corresponde à multiplicação do tempo normal pelo fator de tolerância, conforme descrito por Martins e Laugeni (2005). O referido cálculo está representado na fórmula 4.

$$TP = TN \times FT$$

(4)

Onde:

TP = Tempo padrão;

TN = Tempo normal;

FT = Fator de tolerância.

### 1.3 Capacidade produtiva

A capacidade de uma operação, segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) representa o volume máximo de atividade de valor agregado que um processo pode fornecer em condições normais durante um determinado período de tempo. Destaca-se, neste contexto, o nível de produção que pode ser alcançado

pela empresa por meio de seus recursos e processos operacionais, enfatizando assim a sua capacidade de processamento como um aspecto crucial para um gerente de produção.

A capacidade pode ser avaliada de maneiras distintas dependendo do contexto em questão. Conforme indicado por Corrêa e Corrêa (2007), existem duas abordagens principais para mensurar a capacidade: por meio de volumes de produção e volume de insumos. A primeira, segundo Ritzman e Krajewski (2004), é prevalente em cenários que envolvem grandes volumes de produção, baixa diversidade de produtos e serviços padronizados, assim como em processos individuais. Por outro lado, a segunda abordagem é empregada em processos mais flexíveis e com volumes de produção reduzidos.

A avaliação da capacidade produtiva, segundo Gaither e Frazier (2002), está profundamente conectada ao cálculo do tempo padrão de uma tarefa específica ou operação. Assim, para medir com precisão essa capacidade, é essencial conduzir uma análise minuciosa do tempo despendido na operação, empregando métodos de cronometragem para obter dados confiáveis. A fórmula 5 apresenta o cálculo da capacidade produtiva com base no tempo padrão de uma operação.

$$CP = \frac{\text{horas de trabalho}}{TP}$$

(5)

Onde:

CP = Capacidade produtiva;

TP = Tempo padrão.

### 1.3.1 Teoria das restrições

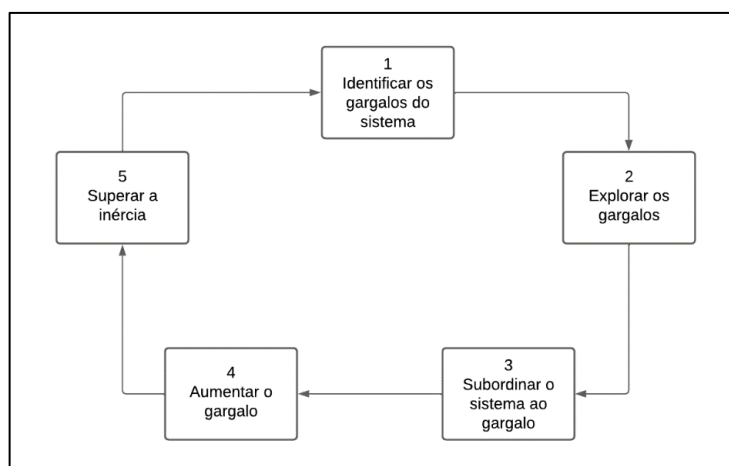
A teoria das restrições foi concebida pelo pesquisador israelense Eliyahu Goldratt e constitui alicerces para a análise da capacidade. Nesta metodologia, considera-se o conceito de gargalo, que se refere à máquina, equipamento ou indivíduo que opera no limite máximo de sua capacidade, ocasionando filas de

materiais a serem processados. Assim, a capacidade de todo o processo é determinada pelo gargalo, que representa o elo mais frágil operando com a menor capacidade (PARANHOS FILHO, 2012).

De acordo com a teoria das restrições, o gargalo, ou elo mais frágil, é considerado a principal restrição do sistema. Somente alterações e aumentos na capacidade do gargalo podem impactar significativamente a produção do sistema, o que pode levar à identificação de outras restrições a serem tratadas. Intervenções nos recursos que não são gargalos não afetam a capacidade e não contribuem para a melhoria global do desempenho do processo (ALBERTIN; PONTES, 2016).

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004), a aplicação da teoria das restrições envolve cinco etapas distintas, ilustradas na Figura 4. Inicialmente, é essencial identificar o elo que limita a capacidade do sistema, conhecido como gargalo. Posteriormente, deve-se maximizar a produção nessa etapa crítica e garantir que todo o processo esteja subordinado a essa limitação, evitando que qualquer outra operação produza além dessa capacidade. Avaliar a necessidade de aumentar a capacidade do gargalo é um passo fundamental. Por fim, é crucial superar a inércia do sistema repetindo o ciclo, visando melhorar ou eliminar novas restrições que possam surgir.

Figura 4 - Cinco etapas da teoria das restrições



Fonte: adaptado de Ritzman e Krajewski (2004)

## 2 METODOLOGIA

O presente artigo aborda um estudo de caso conduzido em uma empresa especializada em reforma de pneus, localizada na cidade de Governador Valadares, Minas Gerais.

A pesquisa, em conformidade com os seus objetivos, adota a classificação proposta por Gil (2002), caracterizando-se como exploratória e descritiva. Exploratória, uma vez que, apesar da empresa possuir processos claramente definidos e padronizados, não foi observado a existência de um estudo da capacidade produtiva de acordo com os métodos delineados neste artigo. Descritiva, porque busca elucidar as restrições que limitam o desenvolvimento do processo de reforma de pneus.

Adota uma abordagem qualiquantitativa, conforme Brasileiro (2021), empregada na coleta e análise de dados cronometrados para o estudo de tempos e capacidade. Essa abordagem também é utilizada para interpretar os procedimentos das atividades envolvidas no processo, identificar suas restrições e oportunidades de melhoria. Com base na taxionomia proposta por Vergara (1990), a pesquisa quanto aos meios é classificada como bibliográfica, documental e de campo.

O estudo iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica abrangente em bibliotecas físicas e virtuais, periódicos e repositórios de instituições acadêmicas e conferências. O objetivo era identificar estudos relacionados ao mapeamento de processos, estudo de tempos cronometrados, determinação do tempo padrão, capacidade produtiva e teoria das restrições. Essa busca possibilitou a definição do desenho do fluxo de processos, da metodologia para o estudo de tempos, bem como a forma como a capacidade produtiva seria determinada e analisada.

A coleta de dados foi realizada mediante visitas *in loco* à reformadora de pneus, onde, por meio de observação direta e entrevistas abertas com os operadores de cada etapa produtiva, foi obtido um conhecimento detalhado sobre o funcionamento de cada fase do processo de reforma de pneus. Com base nessas

informações, foi elaborado o fluxograma do processo, representando visualmente todas as etapas e a sequência operacional do procedimento.

Para a condução do estudo de tempos, adotaram-se as seis etapas descritas por Martins e Laugeni (2005). As amostras de tempo foram colhidas utilizando um cronômetro digital, realizando leituras repetitivas e zerando o dispositivo ao término de cada medição do elemento. Os dados foram registrados em um roteiro de observação sistemática, empregando como unidade de medida o tempo em minutos. Adicionalmente, foi conduzida uma pesquisa documental nos procedimentos formalizados pela empresa, com o intuito de averiguar a existência de tempos previamente estabelecidos.

A determinação da velocidade do operador foi obtida conforme o sistema *Westinghouse*, seguindo os métodos descritos por Barnes (1977). O fator de tolerância foi estabelecido considerando o tempo disponibilizado pela empresa para os funcionários. Posteriormente, foram efetuados os cálculos para estabelecer o tempo padrão, e os dados foram apresentados em tabelas elaboradas utilizando o software *Microsoft Excel*.

Por fim, o tempo padrão foi empregado no cálculo da capacidade produtiva de cada elemento, utilizando os conceitos da Teoria das Restrições para determinar a capacidade máxima do processo de reforma de pneus. Essa análise possibilitou a identificação dos gargalos e a detecção de oportunidades de melhoria.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

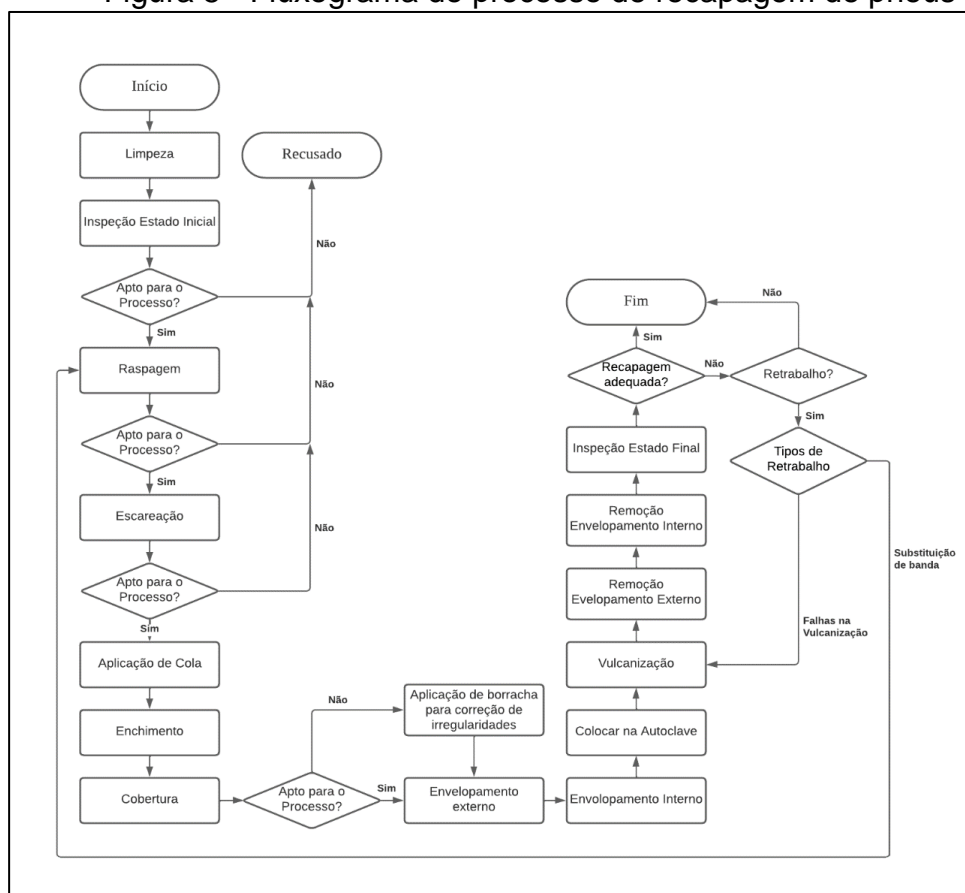
A empresa, na qual o estudo foi conduzido, detém uma história de 23 anos de atuação no mercado. É uma reformadora especializada em recapagens e consertos de pneus, sendo dotada de uma única unidade situada na cidade de Governador Valadares, em Minas Gerais. Seu quadro de funcionários é composto por trinta e dois colaboradores.

O empreendimento em questão opera exclusivamente com bandas de rodagem da marca Vipal, as quais são utilizadas em uma variedade de aplicações que abrangem contextos rodoviários, regionais, urbanos, mistos e fora de estrada. Estas bandas são destinadas tanto aos eixos livres quanto de tração.

### 3.1 Processo de reforma de pneus

Com o intuito de identificar as etapas produtivas inerentes ao procedimento de recapagem de pneus, concebeu-se um fluxograma de processos. Este delinea, de maneira gráfica, conforme ilustrado na Figura 5, por meio de símbolos em conformidade com as descrições literárias, a sucessão de etapas e suas interdependências, bem como as decisões a serem tomadas ao longo do processo.

Figura 5 - Fluxograma do processo de recapagem de pneus



Fonte: autoria própria

Devido a problemas de manutenção em determinados equipamentos da empresa, algumas etapas foram desconsideradas do escopo do presente estudo, uma vez que as máquinas correspondentes não estavam operacionais. Especificamente, as etapas de "Limpeza" e "Inspeção do Estado Final" foram omitidas nas próximas fases do estudo de caso.

### **3.2 Delimitação do grau de detalhamento do estudo**

Durante a elaboração do estudo, foram estabelecidos limites para a investigação dos tempos e da capacidade do processo de reforma de pneus. Isso foi realizado com o intuito de definir os parâmetros que orientariam a extensão e a profundidade da análise, considerando a relevância dos detalhes e a simplificação de alguns aspectos, tornando-os menos complexos para alcançar os objetivos propostos. A seguir, estão listadas as restrições que foram adotadas:

- Os casos em que alguns pneus durante a reforma necessitam de consertos, foram excluídos da análise. O foco está apenas na capacidade do processo de reforma de pneus;
- Etapas de retrabalho e correção de irregularidades foram descartadas, limitando a análise à linha de produção principal;
- Considerou-se apenas os pneus de carga, especificamente aqueles com dimensões "275/80R22.5" e "295/80R22.5", que não requerem o uso de rodas durante a etapa de "Vulcanização";
- Os tempos de transporte foram integrados aos tempos das etapas produtivas correspondentes, uma vez que foi constatado que são mínimos. Portanto, as cronometragens contabilizaram desde o momento em que o funcionário transporta o pneu para o seu posto até o momento em que o libera para a etapa subsequente.



### 3.3 Obtenção do tempo padrão e capacidade produtiva

Inicialmente, para o estudo de tempos, a operação foi segmentada em elementos e conduziram-se cronometragens preliminares de quinze ciclos. Com base nessas medições, determinou-se o número de ciclos (N) a serem cronometrados. Para tal, adotou-se uma probabilidade de 90% e um erro relativo de 10%. O coeficiente Z, conforme Peinado e Graeml (2007), assume o valor de 1,65, enquanto o coeficiente  $d_2$ , conforme Tálamo (2022) é estabelecido em 3,476.

Posteriormente, continuou-se com as medições até alcançar a quantidade estipulada. Para os elementos com o número de ciclos (N) menor do que o número de cronometragens preliminares, o número de medições já realizadas foi mantido. A Tabela 1 mostra a média dos tempos cronometrados (TC) e o número de ciclos (N) para cada um dos elementos da operação.

Tabela 1 - Tempos cronometrados e número de ciclos dos elementos

<b>Elementos</b>	<b>TC(min)</b>	<b>N</b>
Inspeção Inicial	3,32	9
Raspagem	5,63	5
Escareação	4,47	13
Aplicação de Cola	6,65	2
Enchimento	4,74	15
Cobertura	4,61	6
Envelopamento Externo	1,32	9
Envelopamento Interno	3,21	3
Colocar na Autoclave	1,05	14
Retirar da Autoclave	0,95	3
Remoção Envelopamento Externo	0,72	11
Remoção Envelopamento Interno	0,81	16

Fonte: autoria própria

A avaliação do ritmo ou velocidade foi realizada atribuindo notas aos operadores, levando em consideração os quatro fatores do sistema *Westinghouse*: habilidade, esforço, condições e consistência. Os operadores foram avaliados com base nesses critérios e as notas resultantes foram somadas e registradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Avaliação de ritmo dos operadores

Operador	Habilidade	Esforço	Condições	Consistência	Avaliação de Ritmo
1	B1	D	E	B	+0,11
2	B2	C1	E	B	+0,13
3	B2	D	D	B	+0,11
4	D	C2	D	B	+0,05
5	D	E1	D	C	-0,04
6	D	C1	D	C	+0,06
7	D	C1	D	C	+0,06
8	C1	C1	D	C	+0,12
9	D	E2	D	C	-0,07

Fonte: autoria própria

Para o cálculo do fator de tolerância, foram atribuídos 10 minutos para o intervalo matinal destinado ao café, rotineiramente tomado pelos operadores em suas atividades diárias na empresa. Adicionalmente, considerou-se 5% da jornada de trabalho diária para a realização das necessidades individuais, totalizando 24 minutos, considerando uma jornada de trabalho de 8 horas. Posteriormente, procedeu-se à determinação do tempo normal, resultante da multiplicação do tempo cronometrado pela velocidade do operador. Com base no tempo normal, o tempo padrão foi estabelecido ao multiplica-lo pelo fator de tolerância. Os resultados podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 - Determinação dos tempos padrão dos elementos

Elementos	TC (min)	V	TN (min)	FT	TP (min)
Inspeção Inicial	3,32	1,11	3,68	1,08	3,96
Raspagem	5,63	1,13	6,36	1,08	6,85
Escareação	4,47	1,11	4,96	1,08	5,34
Aplicação de Cola	6,65	1,05	6,98	1,08	7,52
Enchimento	4,74	0,96	4,55	1,08	4,90
Cobertura	4,61	1,06	4,89	1,08	5,26
Envelopamento Externo	1,32	1,06	1,40	1,08	1,51
Envelopamento Interno	3,21	1,06	3,40	1,08	3,66
Colocar na Autoclave	1,05	1,06	1,11	1,08	1,19
Retirar da Autoclave	0,95	1,12	1,06	1,08	1,14
Remoção Envelopamento Externo	0,72	0,93	0,67	1,08	0,72
Remoção Envelopamento Interno	0,81	0,93	0,75	1,08	0,81

Fonte: autoria própria

O cálculo do tempo padrão para o elemento "Vulcanização" foi obtido a partir do tempo previamente determinado pela empresa, correspondente ao tempo de processamento para o qual as autoclaves são programadas.

Em todos os elementos, há apenas um operador responsável por sua execução, exceto no caso do elemento "Vulcanização". Nesse caso, existem três autoclaves que realizam a operação, processando diferentes quantidades de pneus. Cada uma dessas autoclaves possui um tempo de processamento de 180 minutos. Dividindo esse tempo pelo número de pneus que cada autoclave comporta, foi possível determinar o tempo padrão de cada máquina.

As capacidades das autoclaves foram calculadas individualmente, de acordo com a quantidade de pneus que cada uma pode acomodar em seu compartimento. Os valores de tempo padrão e capacidade produtiva diária para as autoclaves estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo do tempo padrão e capacidade produtiva das autoclaves

Autoclave	Quantidade de pneus	Tempo de processamento (min)	TP (min)	Capacidade e produtiva diária
1	10	180	18,00	26
2	11	180	16,36	29
3	10	180	18,00	26

Fonte: autoria própria

A partir dos tempos padrão previamente calculados, foi determinada a capacidade produtiva diária de cada elemento do processo. Para calcular as capacidades, considerou-se uma jornada de trabalho de 8 horas, ou seja, 480 minutos, divididos pelo tempo padrão de cada elemento. Os valores de capacidade produtiva diária estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Determinação da capacidade produtiva diária dos elementos

Elementos	Capacidade produtiva diária
Inspeção Inicial	121
Raspagem	70
Escareação	89
Aplicação de Cola	63
Enchimento	98
Cobertura	91
Envelopamento Externo	318
Envelopamento Interno	131
Colocar na Autoclave	402
Vulcanização	81
Retirar da Autoclave	419
Remoção Envelopamento Externo	664
Remoção Envelopamento Interno	591

Fonte: autoria própria

Baseando-se na teoria das restrições, o elemento "Aplicação de Cola" é identificado como o recurso gargalo, uma vez que opera com a menor capacidade dentro do sistema. Conseqüentemente, este recurso determina a capacidade máxima de produção, que é de 63 recapagens por dia. Portanto, um aumento na

capacidade deste elemento implicará também em um aumento na capacidade global do sistema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi realizado o mapeamento do processo de recapagem de pneus, juntamente com um estudo de tempos para determinar os tempos padrão e a capacidade produtiva dos elementos que o compõem. Com base na teoria das restrições, foi possível identificar o gargalo do sistema e sua capacidade máxima. Constatou-se que o elemento "Aplicação de Cola" é a principal restrição, atuando como gargalo e, conseqüentemente, limitando a capacidade de produção diária a uma média de 63 recapagens.

Esta análise indica que, para a empresa expandir a capacidade do sistema, é imprescindível aumentar a eficiência do processo de "Aplicação de Cola". Este aspecto representa uma oportunidade clara de aprimoramento, pois o aumento de capacidade em outros recursos que não sejam o gargalo não resultará em melhorias significativas no desempenho global do processo.

Os resultados deste estudo indicam que a empresa deve avaliar sua demanda e considerar a expansão de sua capacidade para atendê-la de forma eficaz. Para isso, recomenda-se adotar as próximas quatro etapas da teoria das restrições, já que o gargalo foi identificado, possibilitando a implementação de um ciclo de melhoria contínua e evitando a estagnação do processo. Esse método permitirá verificar se a empresa consegue explorar o gargalo com os recursos atuais e identificar a necessidade de investimentos para ampliar sua capacidade.

Além disso, surgem oportunidades para novos estudos, como uma análise de previsão de demanda, com o objetivo de comparar e avaliar as necessidades de expansão da capacidade. Outras áreas de pesquisa potenciais incluem um estudo de capacidade que considere também os consertos realizados pela empresa e a

recapagem de outros modelos de pneus, bem como uma pesquisa de amostragem do trabalho para avaliar os tempos de espera.

**Time study in determining productive capacity: a case study in a tire retreading company in Governador Valadares, Minas Gerais**

**ABSTRACT**

The road transport modal stands out as the most significant in cargo transportation in Brazil, making it essential for companies to meet the sector's requirements. In this context, the main objective of this study was to determine the production capacity of the retreading process in a tire repair company, through time study and the application of the theory of constraints. To achieve this objective, a case study with a qualitative-quantitative approach was conducted, classified as exploratory and descriptive according to its goals. Following a bibliographic review, documentary analysis, and on-site visits to the tire retreading company, a process flowchart was developed, standard times and production capacities of the process elements were determined, resulting in the identification of the bottleneck, referred to as the "Glue Application," which limits the system's capacity.

**KEYWORDS: RETREADING. TIME STUDY. PRODUCTIVE CAPACITY. THEORY OF CONSTRAINTS. BOTTLENECK.**

**REFERÊNCIAS**

ALBERTIN, M. R.; PONTES, H. L. J. **Administração da produção e operações**. 1. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2016.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SEGMENTO DE REFORMA DE PNEUS. **Dados do segmento**: produção e consumo sustentáveis: cenário da reforma de pneus no Brasil. [S. l.]: ABR, c2024. Disponível em: <https://abr.org.br/dados-do-segmento/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977.

BRASIL. INMETRO. **Como é feita a reforma de pneus e quais são os processos de reforma de pneus?**. [S. l.]: INMETRO, 13 out. 2020. Atualizado em 10 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-conformidade/reforma-de-pneus/como-e-feita-a-reforma-de-pneus-e-quais-sao-os-processos-de-reforma-de-pneus>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BRASILEIRO, A. M. M. **Como produzir textos acadêmicos e científicos**. 1. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim unificado**: abril 2024. [S. l.]: CNT, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 20 abr. 2024.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão em processos produtivos**. 1. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2012.

FONTANA, Marcele Elisa. **Fundamentos da gestão da produção e operações**: estratégias para o sucesso empresarial. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2024.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.



GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

LÉLIS, E. C. (org.). **Gestão da produção**. 1. ed. São Paulo: Pearson Education, 2015.

LIRA, E. G. **Estudo de tempos e movimentos**: uma abordagem *lean* para aumentar a eficiência de processos físicos e digitais. 1. ed. Belo Horizonte: [s. n.], 2022. *E-book*.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. rev. atual. e aum. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da produção industrial**. 1. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. 1. ed. Curitiba: UnicenP, 2007.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

SEIXAS, Emerson da Silva. **Administração da produção e serviços**. 1. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2020.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

TÁLAMO, J. R. **Engenharia de métodos**: o estudo de tempos e movimentos. 2. ed. rev. atual. e aum. Curitiba: Editora Intersaberes, 2022.





VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1998.

Recebido em 13/10/2024

Publicado em 03/12/2024