

# CAPÍTULO 4

## A ANÁLISE DA CAUSA RAIZ PARA A MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE POLÍMEROS NA CIDADE DE SERTÃOZINHO

*Data de submissão: 04/09/2024*

*Data de aceite: 02/10/2024*

**João Paulo Grigol Barizon**

FATEC – Sertãozinho

**Claudio Cicero da Silva**

FATEC – Sertãozinho

**Luiz Rodrigo Bonette**

FATEC – Sertãozinho

**Alice Santana Ribeiro**

FATEC - Sertãozinho

**Bruna Cristina Gomes**

FATEC – Sertãozinho

**RESUMO:** A gestão da produção está relacionada com a melhoria do processo fabril. Através do mapeamento das principais rotinas e fluxos operacionais, para que sejam solucionados seus gargalhos. O objetivo desta análise é propor uma melhoria para a cadeia produtiva apontando suas variações entre os elementos de produção, como o tempo de produção, a manutenção e sua frequência e o controle dos dados de produção. Foi utilizado o método de estudo de caso único para evidenciar informações, resultados e soluções com as ferramentas de gestão da produção, como os cálculos da capacidade produtiva e a análise de causa raiz (ACR). Esta pesquisa contribui para o

uso racional dos recursos da empresa no processo produtivo, transformando-o em melhores práticas através da estratificação da capacidade produtiva e da ACR para o mapeamento dos contratempos e dos boletins de produtividade. Com isso, os tempos de manutenção melhoram a previsibilidade dos custos de produção diários e mensal.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão da produção; indústria de polímeros; capacidade produtiva; análise da causa raiz.

### ROOT CAUSE ANALYSIS FOR IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS IN A COMPANY IN THE POLYMERS SEGMENT IN THE CITY OF SERTÃOZINHO

**ABSTRACT:** Production management is related to improving the manufacturing process. Through the mapping of the main routines and operational flows, so that your bottles are solved. The objective of this analysis is to propose an improvement to the production chain, pointing its variations between the production elements, such as production time, maintenance and its frequency and the control of production data. The single case study method was used to evidence information, results and solutions

with production management tools, such as production capacity calculations and root cause analysis (RCA). This research contributes to the rational use of the company's resources in the production process, transforming it into best practices through the stratification of production capacity and RCA for the mapping of settlements and productivity bulletins. With this, maintenance times improve the predictability of daily and monthly production costs.

**KEYWORDS:** production management; polymer industry; productive capacity; root cause analysis.

## INTRODUÇÃO

A indústria sempre esteve em uma evolução constante desde a Revolução Industrial. Ela surgiu com a mecanização e as máquinas a vapor, passando pela era de produção em massa. Hoje, chegamos à era da automação e da *internet*, dando os primeiros passos para a era da robótica. Mas, a produção que será abordada neste trabalho será a produção de polímeros de uma empresa do interior do estado de São Paulo.

O processo de produção consiste em um sistema de criação ou transformação (entradas + processo de transformação + saídas) de um produto, cuja finalidade é suprir as necessidades humanas. Ribeiro e Silva (2021) descrevem que a gestão da produção está relacionada à melhoria do processo através de mapeamento do processo nas principais rotinas operacionais. Esses autores apontam que existem muitos gargalos no fluxo do processo a serem sanados, a fim de sugerir melhorias.

Conforme Moreira (2011), de modo geral, o segmento industrial é considerado como um sistema transformador de matéria-prima em produto acabado, com um valor agregado para os consumidores; portanto, caracteriza-se como sistema produtivo.

Por isso, objetivo desta análise é propor uma melhoria para a cadeia produtiva, focando a especialidade de gestão em produção da empresa Universo Termoplástico, apontando as variações dos elementos de produção e explicando a importância desses elementos (tempo de produção, manutenção e sua frequência, e controle dos dados).

Mas, como melhorar ou aumentar o desempenho de produção dessa empresa através da aplicação de cálculos de métodos industriais e, em sequência, com a aplicação do método de Análise de Causa Raiz (ACR)?

Assim, é utilizado o método de Estudo de Caso Único (YIN, 2015), para evidenciar informações, resultados e soluções com as ferramentas de gestão da produção. Através da utilização de cálculos de produção industriais, captação e análise de dados e resultados obtidos pela coleta de dados, será possível analisar a capacidade de produção e suas variações e, a partir disso, propor melhorias para os desvios encontrados.

A Análise de Causa Raiz (ACR) da ferramenta, tradicionalmente descrita em inglês como *Root Cause Analysis* (RCA), é aplicada como método de identificação e correção dos principais fatores, que ocasionaram o problema. Dessa forma, os defeitos originais (causa raiz) são mapeados como problema ao invés de se buscarem soluções imediatas para a resolução de um defeito (ANDERSEN; FAGERHAUG, 2002).

## REFERENCIAL TEÓRICO

No Quadro 1, pode ser entendido o conceito de capacidade produtiva constatada pela literatura.

Autor	Contribuições para o conceito de capacidade produtiva
Davis, Aquilano e Chase (2001)	O planejamento da capacidade especifica o nível de capacidade, que irá satisfazer às demandas de mercado pela eficiência, em termos de custo, englobando atividades, como: previsão de vendas para cada linha de produto e verificação da necessidade de mão de obra e de equipamentos para atender às previsões ao longo do horizonte de planejamento.
Cox e Spencer (2002)	Existem cinco funções de gerenciamento de produção (Plano Mestre de Produção, Planejamento das Prioridades, Planejamento de Capacidades, Controle das Prioridades e Controle de Capacidades), dessa forma, o Controle de Capacidades é o processo de medir os resultados da produção e comparar com o planejamento de capacidades, determinando se a variação excede os limites preestabelecidos e efetuando ações corretivas para atender ao planejamento caso os limites tenham sido ultrapassados as metas.
Hayes <i>et al.</i> (2008)	Existem fatores que limitam a capacidade produtiva de uma empresa, sendo estes evidenciados como: a política da própria empresa, a confiabilidade dos fornecedores e dos equipamentos, as taxas de produção e os fatores humanos. Portanto, esses fatores contribuem para maior variabilidade no processo produtivo, dificultando sua mensuração.
Slack, Chambers e Johnston (2009)	Os principais objetivos do planejamento e controle da capacidade são a correta tomada de decisão de desempenho produtivo em políticas de capacidade organizacional, como: (1) a relação entre os custos e o equilíbrio da capacidade e a demanda, (2) a relação entre as receitas e o equilíbrio da capacidade e a demanda, (3) a decisão de comprometimento de capital de giro em capacidade produtiva, (4) as consequências da capacidade sobre a qualidade dos produtos, (5) a velocidade de resposta à demanda e (6) a flexibilidade do volume de produção.
Antunes Junior <i>et al.</i> (2012)	A administração da produção observa, como crítica, a análise da capacidade produtiva, que necessita de mensuração, compreensão e gerenciamento eficaz.
Kaydos (2020)	Identificar as restrições e compreender o sistema produtivo depende do conhecimento de sua capacidade real, propiciando razões para se medir o desempenho das empresas.

QUADRO 1 – Contribuições da literatura ao conceito de capacidade produtiva na gestão de operações.

Fonte: elaborado a partir de Davis, Aquilano e Chase (2001), Cox e Spencer (2002), Hayes *et al.* (2008), Slack, Chambers e Johnston (2009), Antunes Junior *et al.* (2012) e Kaydos (2020).

## METODOLOGIA

A metodologia quantitativa aplicada foi o Estudo de Caso Único (YIN, 2015) para gerar um conjunto de evidências e soluções aos recursos produtivos, a fim de melhorar seu desempenho fabril:

1. Os dados do processo de produção durante um mês foram coletados em três extrações de saldos da capacidade produtiva nos dias 1º, 15 e 30 para compor essa amostra.

2. Utilizou-se o modelo de gestão da produção sobre capacidade produtiva fundamentado em Slack *et al.* (2009) e tratado em planilhas eletrônicas na versão 2016 do Excel®. Geraram-se três extratos dos saldos da capacidade produtiva, formado pelo total da capacidade instalada, total da capacidade nominal, total da capacidade efetiva e total da capacidade realizada.
3. A partir dos três extratos dos saldos da capacidade produtiva, foi aplicada a ferramenta de gestão ACR descrita em inglês como RCA (ANDERSEN; FAGERHAUG, 2002).

## **Caracterização da empresa de polímeros para o Estudo de Caso Único**

A empresa está situada na cidade de Sertãozinho, no estado de São Paulo. Ela está em atividade desde 2018, conta com única matriz e sem filiais, e tem o foco na produção e recuperação de polímeros utilizados para a produção de embalagens plásticas. Atualmente, toda a sua produção é direcionada para um único cliente em sua cadeia de suprimentos. Seus fornecedores estão localizados nas seguintes (quantidades) cidades e (estados) – (1) Uberlândia (Minas Gerais), (1) Uberaba (Minas Gerais), (2) Ribeirão Preto (São Paulo) e (1) Curitiba (Paraná). É formada pelos departamentos de produção, expedição e recebimento. Seus recursos humanos são terceirizados, contando com uma equipe de 15 funcionários, distribuídos em dois turnos, e sua capacidade produtiva máxima por dia é de 15 toneladas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Resultados**

Inicialmente, o processo industrial, com suas etapas e atividades, foi levantado como forma de facilitar a coleta dos dados da capacidade produtiva na gestão de produção e operações.

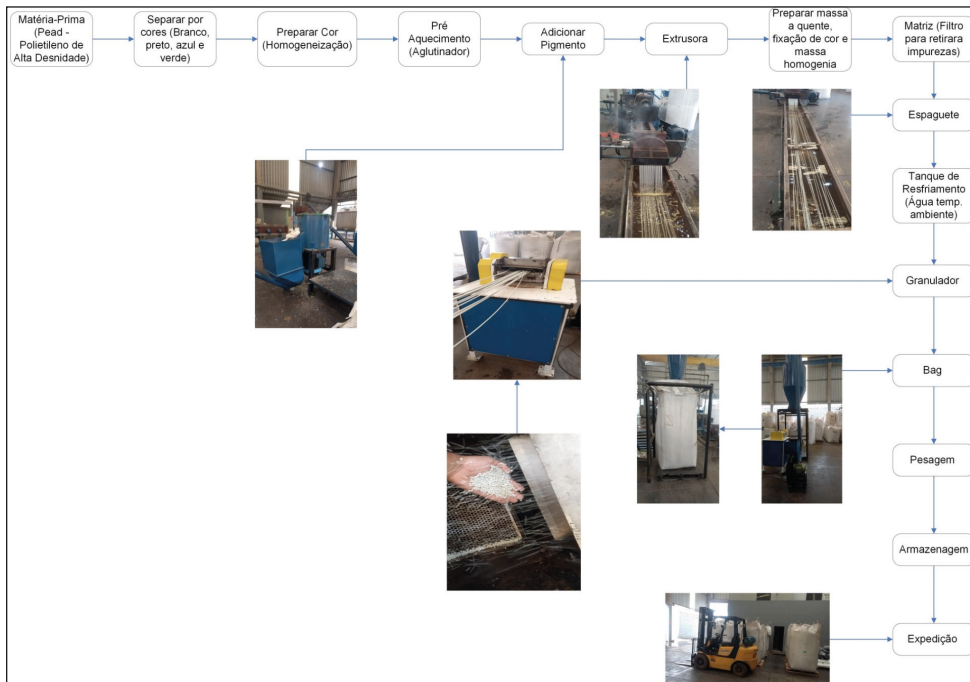


FIGURA 1 – Fluxograma do processo industrial da indústria de polímeros por etapas e atividades.

Fonte: elaborada a partir dos dados da empresa (2022).

Pelo contexto histórico, a indústria de polímeros está inserida no ramo industrial e atua no segmento de embalagens plásticas. Como o mercado convencional e regional não atendia às suas necessidades, por decisão da alta direção, foi definida a criação de um fornecedor para atender às suas demandas e exigências e, assim, eliminar esse gargalo. Outro ponto importante foi o estabelecimento de objetivos e metas para o seu planejamento estratégico da produção.

Os seus objetivos foram definidos através do fluxograma, fornecedores e entendimento da expansão de regional para nacional:

1. Fazer materiais específicos e baratear custos.
2. Ter qualidade nos produtos superando os do mercado convencional.

Suas metas foram alinhadas aos seus objetivos:

- a. Ano de 2020: produzir 150 toneladas por mês de materiais específicos.
- b. Ano de 2021: produzir 200 toneladas por mês.
- c. Ano de 2022: produzir 245 toneladas por mês.
- d. Ano de 2023: tem como meta preestabelecida produzir 300 toneladas ao mês.

## Análise da Causa Raiz (ACR)

No ramo de produção industrial, no qual tempo é associado à rentabilidade, todas as empresas ficam atentas ao seu aproveitamento de tempo. Por isso, muitas delas monitoram seus aproveitamentos das maneiras mais diversas possíveis; por exemplo: produção do dia, semanal e mensal, início e fim de produção do dia, horários de manutenção e manutenções realizadas em determinado período, faltas e atrasos de funcionários. Com esses dados, é possível ter uma base de aproveitamento da linha de produção, mas podendo ser aplicado em setores para avaliar, individualmente, seu desempenho. Mas, e para os imprevistos? Isso não é diferente; ou seja, do mesmo jeito que esses métodos são utilizados para mitigar aproveitamento, também são utilizados para desperdícios e contratempos.

O Gráfico 1, identificado como “variações”, representa alguns empecilhos enfrentados pela empresa Universo Termoplásticos. Nessa etapa, serão tratados esses problemas. Complementando o que dizem Uberoi, Gupta e Sibal (2004), o objetivo da ACR é descobrir o que ocorreu, por que ocorreu e o que fazer para prevenir a recorrência do problema. Diferentemente de abordar apenas as causas que contribuíram para o problema ocorrer ou para o agravamento de seus impactos, a ACR objetiva descobrir a causa originária do problema, ou seja, a sua causa raiz, caracterizada como aquela causa, que, se não tivesse ocorrido, o problema não existiria. Somente eliminando-a através de ações corretivas, este não voltará mais a ocorrer e, conseqüentemente, será definitivamente resolvido.

O benefício da aplicação efetiva de uma ACR é reduzir, significativamente, a severidade e a taxa de ocorrência de eventos indesejáveis, mas não se limitando a isso, uma vez que seus benefícios cobrem melhoramento, no caso de uma linha de produção, no fator de capacidade, redução a incidência de erros humanos, redução de gastos na operação e manutenção etc. (CHIU, 1990).

O Gráfico 1 representa as variações, que foram identificadas no mês de setembro de 2022. Isso implica em cinco problemas, que afetam a produção em algum momento. No Gráfico 1, é discutido como são formadas as variações do levantamento dos contratempos.

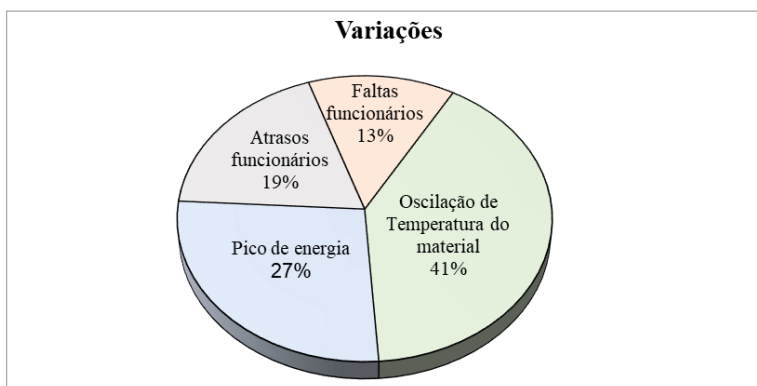


GRÁFICO 1 – Levantamento de contratempos na empresa.

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

Das variações relatadas, foram identificadas quais eram decorrentes de fatores internos e externos (Quadro 2):

<b>Fatores Internos</b>	Faltas e Atrasos de Funcionários: reduzem a estatística HHT (Homens Horas Trabalhadas) da empresa.
	Oscilação de Temperatura do Material: é o gargalo da empresa, pois esse problema faz com que o produto saia com refugo, sendo necessário reprocessá-lo.
<b>Fatore Externo</b>	Picos de energia: pode causar danos aos equipamentos.

QUADRO 2 – Levantamento dos fatores internos e externo.

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

## 5W2H

A metodologia utilizada para o tratamento da ACR foi a ferramenta 5W2H criada durante a década de 1950, podendo ser aplicada em vários cenários. A partir de sua aplicação por meio de um *brainstorming*, obtiveram-se algumas conclusões. Por decisão da gerência, foi definido resolver a maioria das situações internamente e, caso não haja melhora, nos próximos períodos serão realizados serviços externos de consultoria, terceirizados.

Aumento de rendimento na linha de produção de polímeros						
O quê? (What)	Quem? (Who)	Quando? (When)	Onde? (Where)	Como? (How)	Por quê? (Why)	Quanto? (How much)
Variações de Energia	Gerência Industrial	2024	Indústria	Banco Capacitor	Normalizar o fluxo de energia	R\$ 1.500.000,00
Oscilações de Temperatura do Material	Controle Industrial	2023	Indústria	Controle de Temperatura (estabelecer limites aceitáveis)	Reduzir a quantidade de oscilações	R\$ 0 Internamente
Faltas/ Atrasos de Funcionários	Recursos Humanos / Gerência	2023	Abrange toda a empresa	Criação de bonificação para os funcionários que não faltarem	Reduzir a quantidade de faltas e atrasos	R\$ 0 Internamente
Faltas/ Atrasos de Funcionários	Recursos Humanos / Gerência	Dez/2022	Abrange toda a empresa	Aplicação de medidas punitivas para faltas não justificadas	Reduzir a quantidade de faltas e atrasos	R\$ 0 Internamente

QUADRO 3 – Aplicação da ferramenta 5W2H.

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

## Discussão a intervenção da proposta (contramedidas)

No Gráfico 2, são apresentados os dados de produção diária, quinzenal e mensalmente do mês de setembro de 2022. Na comparação feita a seguir, é possível observar que houve diferenças nos dados de produtividade.

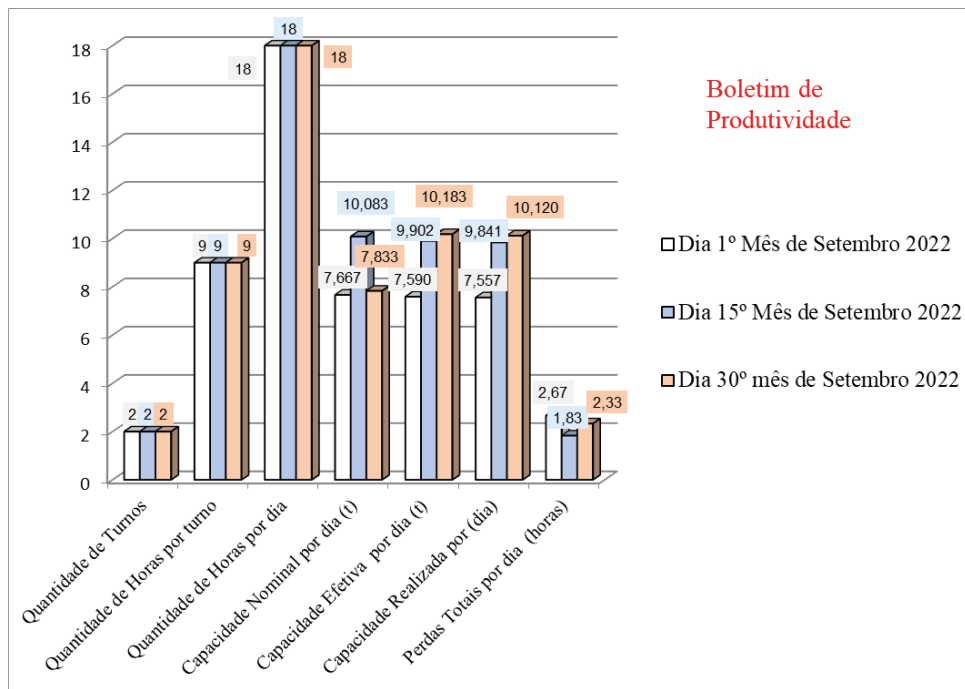


GRÁFICO 2 – Registro de produtividade da empresa.

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

No dia 1º do mês, foram produzidos os produtos polímeros preto e azul multitécnica, totalizando 7.557 quilos, realizados em dois turnos de trabalho, com eficiência produtiva de 99%. Os produtos são armazenados em *big-bags* com capacidade para 800 quilos e controlados por lotes para facilitar a rastreabilidade de fornecedor. A identificação dos lotes é representada por cinco números:

Sequência de produção ← (255) (55) → Ano de fabricação

Estes foram os lotes produzidos nesse dia:

- Polímero Preto: 312/22, 319/22.
- Polímero Azul Multitécnica: 182/22, 277/22, 278/22, 289/22.



No 15º dia do mês, foram produzidos os produtos polímeros preto e branco, totalizando 9.841 quilos, realizados em dois turnos de trabalho, tendo um aumento em sua produtividade em comparação com o dia 1º. Sua eficiência produtiva foi de 98% nesse dia, quando foram produzidos os seguintes lotes:

- Polímero Preto: 324/22, 331/22, 332/22, 335/22, 342/22, 344/22.
- Polímero Branco: 290/22, 294/22, 296/22, 299/22, 303/22, 304/22, 307/22.

Dos três dias analisados, a maior produtividade ficou para o último dia – 30º do mês –, com um total 10.083 quilos. Os produtos foram polímeros preto e branco, realizados em dois turnos de trabalho, com eficiência produtiva de 130%. Produzindo os seguintes lotes:

- Polímero Preto: 382/22.
- Polímero Branco: 310/22, 314/22, 315/22, 316/22, 318/22, 321/22.

Entretanto, mesmo tendo sua produção e eficiência produtiva maiores do que nos outros dois dias, foi necessário estender o horário de trabalho para mais quatro horas extras, interpretadas no Gráfico 3 as análises de aproveitamento de tempos da empresa.

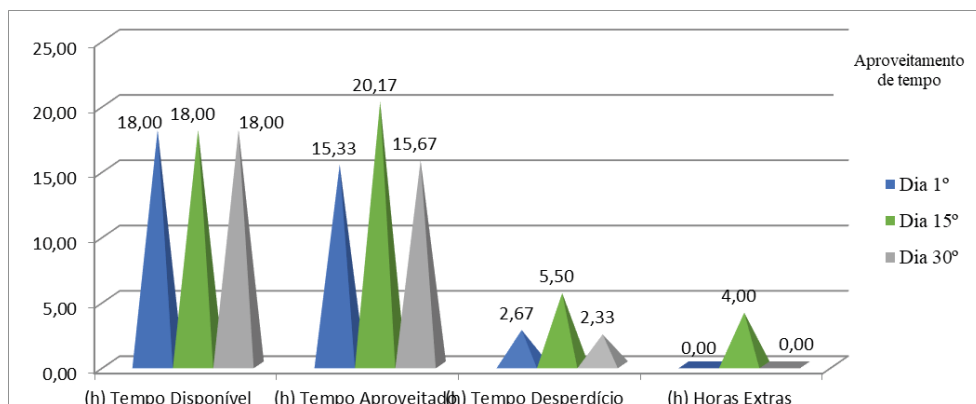
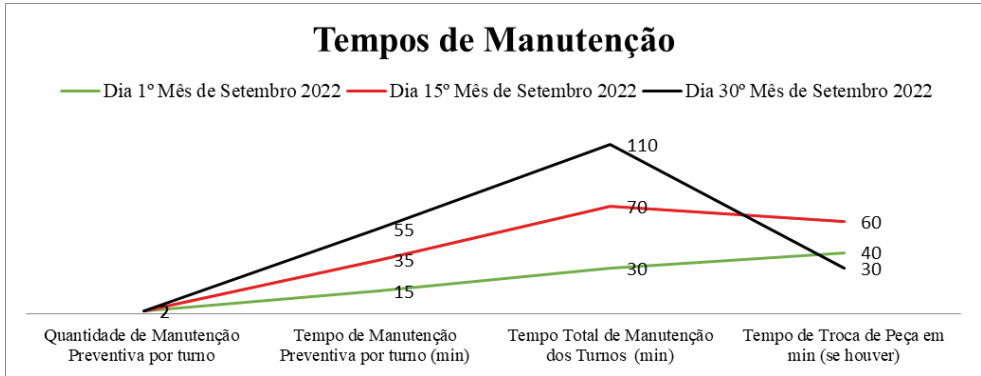


GRÁFICO 2 – Aproveitamento de tempos da empresa.

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

A captação dos dados foi interpretada da seguinte forma: tempo disponível representa a somatória de horas dos turnos, tempo aproveitado representa as horas dos turnos menos as horas gastadas com manutenção e tempo desperdício representa a quantidade de horas gastas com manutenção e horas extras feitas. Essas informações estão apresentadas no Gráfico 4.



**GRÁFICO 3 – Tempos de Manutenção da Empresa de Polímeros.**

Fonte: elaborado a partir dos dados coletados da capacidade produtiva da empresa (2022).

A empresa não tinha um controle ou sistema específico para a área de manutenção. Como foi identificada essa limitação, partes desses dados foram estimadas para garantir uma comparação mais atrativa. Como informado anteriormente, o dia 30 foi o que teve mais gastos com manutenção, porém com menor tempo para troca das peças.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi alcançado através da estratificação dos saldos capacidade instalada, capacidade nominal, capacidade efetiva e capacidade realizada. Dessa forma, foi possível identificar, através de indicadores, que a variação dos contratempos recebe influência dos recursos humanos e da necessidade de novos treinamentos para os cargos operacionais relacionados aos postos de trabalhos do processo produtivo dos polímeros. Por outro lado, um fator externo influenciava nos tempos de parada da produção. Esse fator está ligado à queda e à capacidade de rede de energia externa, que abastece a indústria, sendo ele um custo incontrolável, que impacta nesse processo produtivo.

A contribuição desta pesquisa ressalta que o uso racional dos recursos da empresa em seu processo produtivo pode ser transformado em melhores práticas através da estratificação dos saldos, que formam a capacidade produtiva de uma empresa. Após esse processo, é fundamental incluir análises do mapeamento de quais aspectos formam seus contratempos, boletins de produtividade e tempos de manutenção, a fim de gerar melhor previsibilidade nos custos de produção e melhorar a observação sobre o tempo e seu controle na produção diária e mensal.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, B.; FAGERHAUG, T. Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques. **Journal for Healthcare Quality**, v. 24, n. 3, p. 46-47, 2002.
- ANTUNES JUNIOR., J. A.V. *et al.* Modelo de Gerenciamento da capacidade produtiva: integrando Teoria das Restrições e o Índice Global de Rendimento Operacional Global (IROG). **Revista Produção On line**, v. 12, n. 3, p. 806-826, 2012.
- CHIU, C. How to perform effective root-cause analysis. **Transactions of the American Nuclear Society (USA)**, v. 61, n. CONF-900608-, 1990.
- COX, J.; SPENCER, M. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- DAVIS, M. M.; CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHELLWRIGHT, S. **Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- KAYDOS, W. **Operational performance measurement: increasing total productivity**. CRC Press, 2020.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- RIBEIRO, C. F.; SILVA, B. A. Gestão de Produção e Processos na Industrialização de Concreto Usinado – um estudo de caso. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 6, ed. 3, v. 5, p. 89-120, mar. 2021. ISSN 2448-0959.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- UBEROI, R. S.; GUPTA, Umesh; SIBAL, A. Root cause analysis in healthcare. **Apollo Medicine**, v. 1, n. 1, p. 60-63, 2004.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015.