

MODELAGEM DO TEMPO DE PARADA EM UMA ENVASADORA DE UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

Jéssica Dias Silva de Sousa¹

Erick Soares Fernandes Oliveira²

Laiz Cardona Tarouco³

Leandro Blass⁴

Resumo:

No mundo atual, bastante competitivo, as indústrias precisam de um processo produtivo funcionando com o máximo possível de eficiência, e assim diminuir fatores que afetam em sua produtividade. Em um processo não é desejável a ocorrência de paradas não programadas, já que estas paradas são consideradas perdas. Com base no tempo gasto nessas paradas não programadas aplicou-se um modelo matemático, que represente o tempo gasto em paradas não programadas de um equipamento de envase utilizado na fabricação de um produto cosmético. A fim de sanar as perdas na produção desse equipamento aplicou-se o ajuste de curvas (Linear, Exponencial e Polinomial), através do Método dos Mínimos Quadrados, utilizando também softwares VCN e Scilab. O método dos mínimos quadrados nos possibilita extrapolar, ou seja, podemos prever pontos fora do intervalo considerado. Conhecendo o tempo de paradas não programadas, foi possível aplicar os Métodos dos Mínimos Quadrados e assim conhecer a melhor equação que descreve o fenômeno físico estudado. Analisado os dados obtidos, optou-se pela utilização do Método dos Mínimos Quadrados: Ajuste Polinomial de grau 2, já que apresentou o melhor valor para o coeficiente de determinação. A partir da equação obtida, foi possível determinar o tempo de parada e perda no processo produtivo, e em que momento existe a necessidade de utilização do equipamento por maiores tempos, possibilitando o planejamento da gestão na organização da produção. O presente estudo pode ser utilizado para melhorar o tempo gasto em cada parada não programada, pois possibilita a verificação de quanto tempo à máquina ficará improdutiva dentro de um período de tempo. E consequentemente, nos permitindo extrapolar os tempos improdutivos para quaisquer números de paradas. A comprovação dos dados obtidos foi dada pela construção do código no software Scilab, e desta maneira evidenciar a importância da aplicação desses softwares.

Palavras-chave: MÉTODOS NUMÉRICOS, PARADAS NÃO PROGRAMADAS, SOFTWARES

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

MODELAGEM DO TEMPO DE PARADA EM UMA ENVASADORA DE UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

¹ Aluno de graduação. jebabysousa@gmail.com. Autor principal

² Graduado. erickfernandes@live.fr. Co-autor

³ Graduando. laiztarouco@gmail.com. Co-autor

⁴ Docente. leandroblasse@unipampa.edu.br. Orientador

MODELAGEM DO TEMPO DE PARADA EM UMA ENVASADORA DE UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

1 INTRODUÇÃO

Conforme ABIHPEC (2016), a Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos apresentou um crescimento médio próximo a 11,4% nos últimos 20 anos. O que tem contribuído para este crescimento no setor é a utilização de tecnologia de ponta e o consequente aumento da produtividade, acarretando em uma maior necessidade no controle de qualidade de seu processo.

As indústrias de cosméticos podem ser classificadas como um dos segmentos da indústria química em razão da utilização e sintetização de ingredientes (CAPANEMA et al., 2007). Os processos que compõem o sistema produtivo, de um determinado produto/serviço, impactam de maneira relevante em sua produtividade, qualidade e em seu custo. Tais fatores podem ser controlados padronizando processos através do estudo do tempo. De acordo com Slack et al. (2002), o estudo de tempo é uma técnica para registrar o tempo e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especificadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com o nível definido de desempenho.

Em um processo não é desejável a ocorrência de paradas não programadas, que podem decorrer por diversos motivos. Estas paradas não programadas são consideradas perdas já que o operador/equipamento não está produzindo em sua capacidade efetiva, deixando assim de cumprir seu objetivo. De acordo com Slack, et al. (2002) o planejamento e o controle da capacidade efetiva da operação são cruciais para atender a demanda. Visto isso, torna-se necessário ter o controle e o planejamento dessas paradas no processo, para que sejam minimizados os prejuízos, desperdícios e os custos, bem como o impacto ambiental em cada etapa.

Os métodos numéricos podem auxiliar a minimizar estas perdas, já que correspondem a um conjunto de ferramentas que são usados para se obter a solução de problemas matemáticos de forma aproximada (MONTEIRO, 2012). Para o problema proposto o ajuste de curvas a partir do método numérico dos mínimos quadráticos se adequa, pois visa obter a melhor curva que se ajusta aos dados conhecidos, obtidos geralmente de uma coleta experimental. Esse método nos permite fazer projeções para o futuro, a partir de uma função característica do conjunto de dados, minimizando erros no processo. Será verificada a qualidade do ajuste através do valor do coeficiente de determinação (R^2).

O presente trabalho tem como objetivo a construção de um modelo matemático que represente o tempo gasto em paradas não programadas de um equipamento de envase utilizado na fabricação de um produto cosmético. Assim como, demonstrar através de softwares a eficiência da aplicabilidade de métodos numéricos e a redução de prejuízos/custos inerentes do processo.

2 METODOLOGIA

Uma empresa de cosméticos de grande porte, localizada no estado de São Paulo, possui um equipamento de envase que apresenta falhas sistêmicas quanto ao processo de batocamento em seus produtos. Dentre os diferentes produtos envasados, há um hidratante refil que tem apresentado maiores perdas de produção em função das falhas deste equipamento, comprometendo a qualidade tanto do produto final, quanto do produto ainda durante o seu envase. A parada de máquina não programada eleva o tempo de permanência do

bulk no funil de envase e, a ocorrência da falha, ocasiona sujidades no equipamento e, conseqüentemente, perda de produto e outros prejuízos de ordem financeira, organizacional, má utilização de mão de obra, ambiental e possibilitando o risco de contaminação microbiológica.

O valor nominal de operação do equipamento é de 80 unidades por minuto, 4.800 unidades por hora, 38.400 unidades por turno (8 horas de trabalho). Para o estudo em questão, acompanharam-se dois turnos de produção - 16 horas - onde foram produzidas 70.560 unidades de creme hidratante corporal refil, apontando todas as ocorrências de parada de máquina para ajuste do equipamento, em função da falha sistêmica de sincronia. Desta forma, o tempo das paradas Tabela 1, foi obtido por *software* de acompanhamento de atividade produtiva, através de sistema de sensores acoplado ao equipamento, gerando em tempo real indicadores de produtividade.

Tabela 1: Tempo de parada - Ajuste Qualidade

Paradas	1	2	3	4	5	6
Tempo (min)	14	26	39	53	64	79

Fonte: dos autores, 2018.

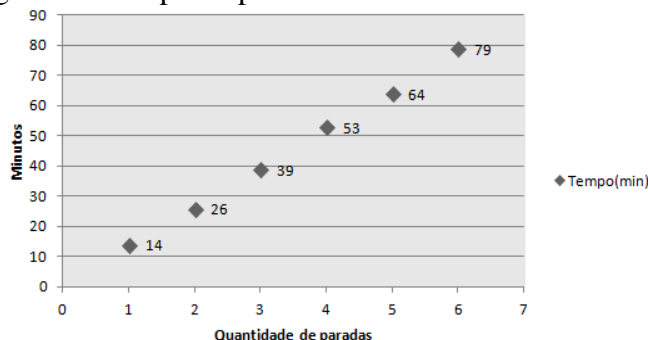
Baseado nos dados obtidos aplicou-se o ajuste de curvas (Linear, Polinomial e Exponencial) através do método dos mínimos quadrados, utilizando os *softwares* VCN e *Scilab*, para tratamento e posterior comparação entre os métodos empregados.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O método de ajuste de curvas consiste na realização de projeções futuras e planejamentos adequados quando os dados são conhecidos, como é o caso do problema em questão Tabela 1. Ajustando-se os pontos, é possível conhecer a equação que melhor descreve o fenômeno físico apresentado, oportunizando assim, a determinação e análise de valores teóricos para os eventos atuais e futuros, de acordo com a observação experimental.

A Figura 2 apresenta a dispersão dos dados da quantidade de paradas pelo tempo necessário para realização da manutenção no equipamento. Foram aplicados os ajustes linear, polinomial (grau 2) e exponencial, comparando-os posteriormente para se determinar qual modelo teria melhor aplicação no problema estudado.

Figura 2 - Tempo de parada em minutos



Fonte: dos autores, 2018.

Em posse dos dados, analisando o comportamento destes, optou-se pela utilização do Método dos Mínimos Quadrados: Ajuste Polinomial (grau 2), já apresentou o melhor valor

para o coeficiente de determinação. A equação obtida $Y(x)$ representa o tempo gasto durante cada intervenção de manutenção e, a variável x , expressa o número de paradas destes ajustes.

$$Y(x) = 0,125x^2 + 12,068x + 1,7 \quad (1)$$

A Equação 1 foi obtida através do processo de cálculo conforme a metodologia do Método dos Mínimos Quadrados, onde a Equação 2 (matricial) foi delineada.

$$M = \begin{bmatrix} n & \sum_1^n xi & \sum_1^n xi^2 \\ \sum_1^n xi & \sum_1^n xi^2 & \sum_1^n xi^3 \\ \sum_1^n xi^2 & \sum_1^n xi^3 & \sum_1^n xi^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_1^n yi \\ \sum_1^n xiyi \\ \sum_1^n xi^2 yi \end{bmatrix} \quad (2)$$

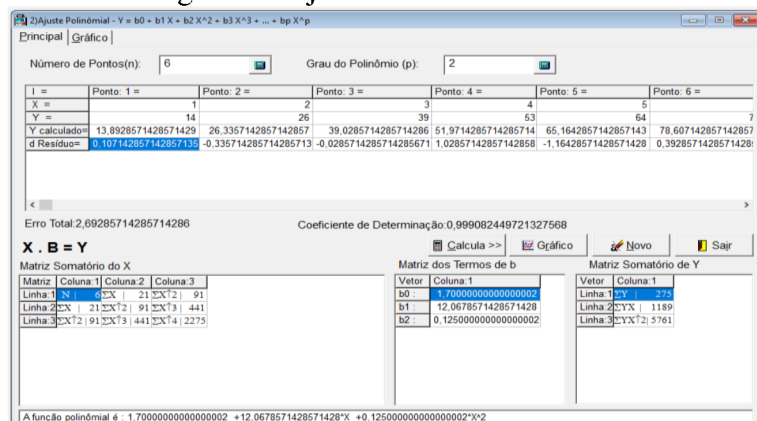
Desta forma foi possível calcular os valores, substituindo os valores da Tabela 1, obtendo-se a Equação 2. A resolução da Equação 3 (matricial) envolveu a eliminação de Gauss, com a consequente eliminação dos termos.

$$M = \begin{bmatrix} 6 & 21 & 91 \\ 21 & 91 & 441 \\ 91 & 441 & 2275 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 275 \\ 1189 \\ 5761 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Com o delineamento da equação foi possível determinar o tempo de parada e consequente perda de produtividade, quando existe a necessidade de utilização do equipamento por maiores tempos, possibilitando o planejamento da gestão na organização da produção. Cada tempo de parada não programada, interfere no resultado global, gerando perdas, subutilizando a capacidade do equipamento, a disponibilidade de pessoal e outros fatores como impactando em passivos ambientais gerando resíduos excessivos.

Utilizando o *software* VCN, a mesma equação foi obtida, demonstrando que os cálculos foram executados em conformidade Figura 3.

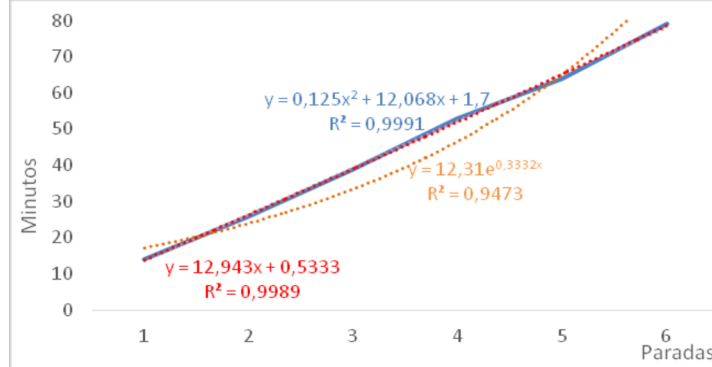
Figura 3 - Ajuste de Curvas no VCN



Fonte: dos autores, 2018.

O ajuste utilizado foi o que apresentou maior coeficiente de determinação, por isso utilizou-se o ajuste polinomial de grau 2, conforme pode ser evidenciado na Figura 4, que apresentou um valor de $R^2=0,9991$, demonstrando a efetividade da aplicação da metodologia. Segundo Monteiro (2012), a quanto mais próximo de 1, melhor é o ajuste aplicado.

Figura 4 – Ajuste de Curvas e Coeficientes de Determinação



Fonte: dos autores, 2018.

A determinação da equação $Y(x) = 0,125x^2 + 12,068x + 1,7$ possibilitou o cálculo dos valores teóricos de cada parada Tabela 2, os valores obtidos se aproximam dos experimentais.

Tabela 2: Tempo de parada – Experimental e Calculado

Parada	Experimental	Calculado
1	14	13,8928
2	26	26,3356
3	39	39,0284
4	53	51,9712
5	64	65,1640
6	79	78,6068

Fonte: dos autores, 2018.

De igual modo, a aplicação do método numérico possibilita estimar o cálculo do tempo necessário para manutenção, bem como favorecer o gerenciamento de pessoal da operação, no momento em que o equipamento encontra-se indisponível, em função desta intervenção mecânica.

Utilizando o *software Scilab*, foi possível verificar a correta execução dos cálculos no VCN e assim, contrapor os resultados que estão demonstrados na Figura 5.

Figura 5 - Código Scilab.

```
p=[1 2 3 4 5 6]; t=[14 26 39 53 64 79]; n=6; sp=0;
for i=1:n //soma das paradas não programadas
    sp= sp + p(i) end sp2=0
for i=1:n //soma das paradas não programadas ao quadrado
    sp2= sp2 + p(i)^2 end sp3=0
for i=1:n //soma das paradas não programadas ao cubo
    sp3= sp3 + p(i)^3 end sp4=0
for i=1:n //soma das paradas não programadas na quarta potência
    sp4= sp4 + p(i)^4 end st=0
for i=1:n //soma do tempo
    st=st+t(i) end spt=0
for i=1:n //soma do tempo*paradas não programadas
    spt=spt+t(i)*p(i) end sp2t=0
for i=1:n //soma do tempo*paradas não programadas ao quadrado
    sp2t=sp2t+t(i)*p(i)^2 end
a=[n sp sp2; sp sp2 sp3; sp2 sp3 sp4] //Matriz
b=[st;spt;sp2t]
r=linsolve(a,-b) //resolução da matriz pelo método de Gauss
```

Fonte: dos autores, 2018.

Em relação às perdas causadas pelas paradas não programadas, nos 79 min em que o equipamento ficou parado, o mesmo deixou de produzir 6.320 unidades. Em valores podemos estimar um prejuízo de R\$ 61.716,07, já que o custo de produção é R\$ 9,765. Quando calculado com o preço de venda ao consumidor final de R\$ 27,90, a empresa deixou de arrecadar R\$ 176.328,00.

Outras perdas geradas não foram calculadas, como, por exemplo, o valor referente ao tempo ocioso de cada um dos colaboradores operacionais que trabalham no equipamento, portanto, as perdas são maiores do que as estimadas neste trabalho, o que oportuniza trabalhos futuros para tais estimativas.

Ao se calcular a disponibilidade do equipamento, tem-se que é possível o envase de 115.200 unidades para o período em que o equipamento deve estar disponível (1440 minutos), a eficiência global da máquina, para as 70.560 unidades que foram produzidas foi de 61,25%.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando os modelos aplicados evidencia-se que o ajuste polinomial de grau 2 descreveu melhor o fenômeno, já que apresentou o melhor coeficiente de determinação. A confirmação dos dados obtidos foi dada pela construção do código no *software Scilab*. O estudo demonstrou que é possível à aplicação de métodos numéricos na análise e resolução de problemas industriais, agregando aos alunos conhecimentos aplicados as dificuldades reais das indústrias e na utilização de *softwares* que são cada vez mais implementados nas empresas atuais.

Este estudo de caso pode ser utilizado para aperfeiçoar o tempo gasto em cada intervenção, já que possibilita a verificação de quanto tempo à máquina ficará improdutiva dentro de um período de tempo. E desta maneira, extrapolar os tempos improdutivos para quaisquer números de paradas, possibilitando a organização da manutenção e operadores na resolução do problema com maior precisão.

A verificação de todo o tempo de parada e o quanto isto está impactando na produção e ganhos, faz com que a companhia invista mais em manutenção preventiva e preditiva e não somente em corretiva, oportunizando o desenvolvimento de políticas de manutenção que oportunizem a gestão da operação como um todo.

REFERÊNCIAS

ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. Panorama do Setor de HPPC 2016 [internet], São Paulo. [acesso em 15 de maio 2017]. Disponível em: <https://www.abihpec.org.br/novo/wp-content/uploads/2016-PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGU%C3%8AS-14jun2016.pdf>

CAPANEMA, L.X.L.de; VELASCO, L.O.M.de; FILHO, P.L.P; NOGUTI, M.B. **Panorama da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosmético**. Biblioteca Digital BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento, n. 25, p.135-140, 2007.

MONTEIRO, Maria Teresa Torres; **Métodos Numéricos: exercícios resolvidos aplicados à Engenharia e outras Ciências**. Universidade do Minho. Departamento de Produção e Sistemas (DPS), 2012.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2002.