O USO DA RAZÃO SINAL RUÍDO E DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO NO ESTUDO DA DEMANDA DE SUPRIMENTOS REPARÁVEIS NA MANUTENÇÃO DE HELICÓPTEROS

OSCAR DE ALMEIDA MACHADO
Academia Militar das Agulhas Negras
Rod. Presidente Dutra Km 306, Paraíso, Resende-RJ, 27534-970.
oscarmachado2014@gmail.com

ANDRÉ LUIZ GOULART MATOS
Academia Militar das Agulhas Negras
Rod. Presidente Dutra Km 306, Paraíso, Resende-RJ, 27534-970.
aluizgoulartmatos@gmail.com

MAURI APARECIDO DE OLIVEIRA
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias, São José dos Campos - SP, 12228-900.
mauri@ita.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os indicadores do coeficiente de variação e da razão sinal ruído na demanda de suprimentos de itens reparáveis em uma empresa que realiza manutenção de helicópteros. Inicialmente são apresentados os conceitos de coeficiente de variação e da razão sinal ruído mais comumente encontrados na literatura. Em seguida é descrito o método de estudo, o qual compreendeu um brainstorming com gestores da manutenção da empresa no sentido de se elencar os 15 (quinze) itens que mais impactam a manutenção dos helicópteros. Os dados relativos à demanda destes itens nos últimos dois anos foram coletados e calculou-se os coeficientes de variação e as razões sinal ruído. Ao final foram feitas observações no sentido de se relacionar o comportamento do coeficiente de variação e da razão sinal ruído, concluindo-se que não há uma correlação entre estes indicadores, havendo necessidade de o gestor de processos da empresa observar além do coeficiente de variação, a razão sinal ruído, no sentido de se acompanhar a robustez do processo. Sugeriu-se ainda a condução de um experimento fatorial fracionado usando o Método de Taguchi para se identificar quais fatores ambientais são os mais impactantes na demanda de um item reparável.

Palavras Chaves: Suprimentos Reparáveis, Coeficiente de Variação, Razão Sinal Ruído.

Tópicos: Logística e Transporte, Produção e Administração, Outras Áreas.

ABSTRACT

This work aims to analyze the indicators of the coefficient of variation and signal to noise ratio in the demand for repairable supply items in a company that performs helicopter maintenance. Initially the concepts of coefficient of variation and signal to noise ratio most found in the literature are presented. Next, the study method is described, which included a brainstorming with maintenance managers of the company to list the 15 (fifteen) items that most impact the maintenance of helicopters. Data related to demand for these items over the past two years were collected and coefficients of variation and signal-to-noise ratios were calculated. At the end, observations were made in order to relate the behavior of the coefficient of variation and the signal-to-noise ratio, concluding that there is no correlation between these indicators, with the need for the manager of the company's processes to observe, in addition to the coefficient of variation, the signal-to-noise ratio, in order to monitor the robustness of the process. It was also suggested to

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

conduct a fractional factorial experiment using the Taguchi´s Method to identify which environmental factors have the most impact on demand for a repairable item.

Keywords: Repairable Supplies, Coefficient of Variation, Signal to noise ratio.

Topics: Logistics and Transportation, Management and Production, Other Areas.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

1. Introdução

Nos últimos anos, a cadeia de suprimentos de uma empresa tem recebido especial atenção, sendo objeto de estudo do *Supply Chain Management* (SCM). Para [Christopher 2009], a condução eficaz da logística e do gerenciamento da cadeia de suprimentos pode fornecer importante fonte da vantagem competitiva, em outras palavras, uma posição de duradoura superioridade em relação aos concorrentes.

Nesse sentido, muitos estudos têm sido desenvolvidos para se otimizar e buscar uma cadeia de suprimentos enxuta e ágil, de forma a proporcionar a vantagem competitiva mencionada. Para [Ballou 2006], a filosofia da resposta rápida tem sido usada a fim de criar uma vantagem de comercialização. [Bowersox e Closs 2009] mencionam que cada empresa deve atingir simultaneamente pelo menos seis objetivos operacionais diferentes. Esses objetivos operacionais, que são determinantes básicos do desempenho logístico, incluem resposta rápida, variância mínima, estoque mínimo, consolidação da movimentação, qualidade e apoio ao ciclo de vida. Nesse sentido, cresce de importância o controle da variância de um processo, no sentido de se impedir acontecimentos inesperados que perturbem o desempenho do sistema.

Especial atenção deve ser dispensada aos suprimentos denominados reparáveis. Tais suprimentos consistem basicamente em peças de reposição que são enviadas a um centro de reparo para sofrer um determinado tipo de intervenção, e após a qual, retornam à cadeia de suprimentos novamente, para serem empregadas. [Igawa 2006] e [Machado 2010] citam que são itens de valor elevado, com baixa movimentação anual e de difícil aquisição. Possuem ainda problemas de obtenção, por serem em sua maioria importados, havendo apenas um fornecedor, além de serem de difícil fabricação. Tal tipo de material possui uma distribuição probabilística de sua demanda bastante errática, dificultando sua previsibilidade, o que justifica a adoção de modelos matemáticos específicos para se gerenciar este tipo de item.

Em reforço ao exposto, pode-se observar um crescimento de diversos artigos em periódicos internacionais acerca do tema nos últimos 30 anos. Alguns modelos matemáticos podem ser observados em [Mabini *et al* 1992], [Richter 1996], [Dobos 2003], [Koh *et al.* 2002] e [Konstantaras 2010]. [Basten et al. 2012] propuseram um modelo chamado LORA (*Level of Repair Analysis*). Um modelo probabilístico e sua aplicação na indústria de aviação pode ser encontrado em [Tracht et al. 2013]. Por fim, mais recentemente, [Arts 2017] propõe um modelo baseado em cadeias de Markov para gerenciar suprimentos reparáveis.

Por outro lado, a ideia de projeto robusto tem sido largamente utilizada nas indústrias na atualidade. Para [Pimenta et al. 2012] e [Souza et al. 2018], entre 1950 e 1960, o Dr Genichi Taguchi desenvolveu o projeto robusto e aplicou esse método em muitas indústrias, dentre elas, a eletrônica e a automotiva. O projeto robusto baseia-se sobretudo no conceito da razão sinal ruído. Quanto maior for o valor da razão sinal ruído, melhor será a robustez de um processo.

O principal objetivo deste trabalho é analisar os dados relativos à demanda de suprimentos reparáveis em uma empresa que realiza manutenção em helicópteros e verificar uma possível ligação entre o coeficiente de variação dos dados apresentados com a robustez do processo.

Para tanto, inicialmente serão apresentados o conceito formal de Coeficiente de Variação e da Razão Sinal Ruído (conhecida como *Signal to Noise Ratio* – SNR) e em seguida será apresentada a metodologia de estudo aplicada e feitas as conclusões finais, no sentido de se verificar a relação do coeficiente de variação dos dados à razão sinal ruído.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

2. Fundamentação Teórica

2.1. Definição de Coeficiente de Variação

O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida estatística de dispersão, largamente conhecida. Para [Sweeney et al.2016], é uma estatística descritiva que indica quão grande é o desvio padrão em relação à média e geralmente é expressa como uma porcentagem. Tal medida representa o impacto do desvio padrão em relação à média, sendo chamado por essa característica de desvio-padrão relativo. A fórmula que nos fornece tal medida é dada por:

$$CV=(\frac{\sigma}{\mu}\times 100)\% \text{ ou } CV=\frac{\sigma}{\mu} \quad (1) \text{ e } (2)$$

Onde: μ é a média da distribuição e σ é o desvio padrão.

Observe que a fórmula (1) exprime o CV em termos de porcentagem, enquanto a fórmula (2), fornece um resultado adimensional. Para fins deste trabalho, utilizou-se a fórmula (2). Para se ter ideia da importância do CV, observe duas situações distintas que podemos enfrentar:

Situação 1: Distribuição com uma média igual a 10 e desvio padrão igual a 1,3. Nesse caso, o CV é dado por [1,3/10=0,13] ou 13%. Em outras palavras, o desvio padrão representa 13% do valor da média.

Situação 2: Distribuição amostral com uma média igual a 1 e desvio padrão igual a 1,3. Nesse caso, o CV é dado por [1,3/1=1,3] ou 130%. Nesse caso, o desvio padrão representa 130% do valor da média. Ou seja, o desvio padrão é maior que a média.

Um coeficiente da variação elevado é extremamente prejudicial, uma vez que dificulta a previsibilidade dos dados. Para [Gonçalves 2007], para itens com coeficiente de variação até 0,2 é fácil prever a demanda futura, com baixa probabilidade de erro, porque possuem uma demanda constante muito próxima a média. Para itens cujo coeficiente de variação se situa entre 0,21 e 0,4, ainda não é difícil prever a demanda futura, mas começa a ter probabilidade de erros maiores. Já para itens cujo coeficiente de variação é maior que 0,4, precisam de métodos de previsão mais avançados que consigam captar tendências e sazonalidades, de forma a fazer previsões com menores erros. Ou seja, quanto menor for o CV, melhor.

2.2 Definição da Razão Sinal Ruído

Um conceito bastante empregado no desenho de projetos robustos e no Método de Taguchi para o delineamento de experimentos é a denominada razão sinal ruído (RSR), ou do inglês*, Signal to Noise Ratio* (SNR). Segundo [Taguchi et al. 2004], apud [Marques 2015], a razão sinal ruído. é uma medida de robustez, uma vez que mede a transformação de energia no produto e tem como escala o decibel (dB).

Para [Marques 2015], basicamente a razão sinal ruído mede a magnitude da verdadeira informação (sinal) após algumas variações incontroláveis (ruído). Neste caso, denomina-se como sinal o desempenho desejado e como ruído o desempenho indesejado.

Adaptando-se a definição acima para o estudo da demanda de suprimentos reparáveis, ruído é todo desempenho indesejado que não se pode controlar, o qual influencia a demanda do componente. Um exemplo muito prático de ruído, são as condições atmosféricas. Por exemplo, imagine que a umidade relativa do ar é bastante alta em um determinado lugar. Fatalmente, um item reparável do tipo aviônico apresentará uma maior incidência de falhas, consequentemente uma maior demanda nesta localidade do que em outra que está sujeita a um índice de umidade do ar menor.

Nesse sentido, um projeto robusto é aquele que é menos suscetível à interferência destas variáveis conhecidas como ruído. Uma forma de se medir a interferência do ruído na informação verdadeira (sinal) é a conhecida razão sinal ruído.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Para [Montgomery 1991], [Pimenta et al. 2012] e [Marques 2015], existem basicamente três tipos de razão sinal ruído:

1. Nominal é melhor;
2. Menor é melhor; e
3. Maior é melhor.

O primeiro caso, nos ensina [Montgomery 1991], é utilizado quando o objetivo é reduzir a variabilidade em torno de um alvo específico. Ainda segundo [Montgomery 1991], o segundo caso é utilizado quando o sistema é otimizado quando a resposta for a menor possível e o terceiro caso, o sistema é otimizado quando a resposta for a maior possível.

No caso em questão, observa-se que estamos diante do segundo caso, onde deseja-se uma demanda menor possível. A demanda ideal, seria aquela mais próxima de zero, uma vez que não se pode ter uma demanda negativa. Observe que a demanda nunca poderá ser zero, uma vez que não existe um componente completamente isento de falhas, entretanto, pode-se buscar valores infinitamente pequenos, graças a engenharia robusta.

Para o caso em pauta, a razão sinal ruído é fornecida pela fórmula (3):

$$SNR = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) \tag{3}$$

Onde: n é o número de observações e y_i os valores observados.

Pode-se observar que a razão sinal ruído pode possuir valores negativos, caso $\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) > 1$.

Para a chamada engenharia robusta, quanto maior for o valor da razão sinal ruído, mais robusto é o produto ou o projeto. Logo, deve-se observar os processos que maximizam os valores da razão sinal-ruído.

3. Método de Pesquisa

Para que o objetivo da pesquisa fosse alcançado, foi necessário extrair os dados necessários constantes do banco de dados da empresa. Para tanto, foi conduzido um *brainstorming* entre gerentes de manutenção da empresa e outros profissionais ligados à manutenção, como inspetores e mecânicos, no sentido de se levantar 15 (quinze) itens de natureza reparável, que seriam vitais na execução dos trabalhos de manutenção no helicóptero.

Dentre esses 15 itens, constavam os três tipos de servocomando da aeronave, que são os itens A C e D. O item B se referia a tela do radar meteorológico, os itens E e J são dois tipos de indicador do torque do motor, o item F diz respeito à antena do radar meteorológico, o item G é o ARC 182 que é um equipamento rádio, o item H é um transmissor de torque do motor e o item I é um indicador de delta NG.

Para finalizar, foi escolhido ainda o item K que é o indicador de temperatura no 4º estágio da turbina, conhecido como indicador de T4, os itens L e M pertencem ao sistema de gravação de dados em voo da aeronave, conhecido com *Fly Data Record* (FDR), o item N é uma maleta destinada a medir as vibrações do motor e o item O é o arranque gerador da aeronave, um componente que funciona como um "motor de partida" e ao mesmo tempo como "alternador".

Após esse brainstorming, foram coletados dados relativos à demanda dos dois últimos anos, que na época da condução do presente estudo eram 2007 e 2008, os quais foram denominados como A e A+1, sendo o penúltimo e o último ano respectivamente.

Tais dados foram estruturados em duas tabelas, contendo as demandas mensais para cada um destes 15 itens. Foi então calculado o coeficiente de variação dos dados relativos à demanda

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

nos anos A e A+1, usando-se a fórmula (2), assim como a razão sinal ruído, usando-se a fórmula (3).

As planilhas contendo os cálculos do coeficiente de variação da demanda e a razão sinal-ruído tanto na versão ods quanto pdf, encontram-se no link:

https://drive.google.com/drive/folders/1RAH7eKzfr2gHsngOth-4G0V6Mgc9NoJ5?usp=drive_link

4. Resultados e Discussões

Os valores obtidos para os coeficientes de variação e da razão sinal ruído dos anos A+1 e A, foram os constantes da tabela 1:

Ord	Item	CV A	CV A+1	SNR A	SNR A+1
A	SC7282	1,6	1,1	2,34	-6,28
B	4001670-2511	0,95	1,21	-2,63	-3,68
C	SC8033	1,9	1,52	1,25	-2,43
D	SC8034	1,81	1,12	6,02	-1,76
E	3057-149-3	0,86	0,56	-9,62	-7,13
F	4000504-0301	1,08	1,19	-6,69	-5,54
G	ARC182	0,74	1,09	-4,26	-7,2
H	5351-6	1,35	0,88	-3,52	-5,84
I	5633-710-80-11	0,5	0,56	-9,93	-9,34
J	3057-3-136-1	1,24	0,93	-2,22	-8,89
K	5637-560-00-10	1,41	2,34	-2	7,78
L	CDU FDR	1,27	1,33	-3,19	-0,67
M	MDAU FDR	1,24	1,24	3,8	3,8
N	Maleta Vib Motor	1,76	1,35	-4,26	1,76
O	524-031	0,66	0,54	-10,76	-10,82

Tabela 1 – Coeficientes de Variação Obtidos e Razões Sinal Ruído Obtidas para os anos de A e A+1.

Dos dados obtidos, pode-se observar que o coeficiente de variação da demanda aumentou no período de A a A+1 para os itens B,F,G,I,K e L. Para os itens A,C,D, E, H, J, N e O, o coeficiente de variação diminui no mesmo período. Com relação ao item M, o coeficiente de variação manteve-se inalterado.

O fato do coeficiente de variação do item M ter se mantido inalterado em A e A+1 deve-se ao fato das demandas dos anos A e A+1 serem numericamente idênticas, porém em meses diferentes. Para melhor ilustrar, observe a tabela 2, referente a demanda do item M (MDAU do FDR) nos anos A e A+1:

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Mês	Demanda A	Demanda A+1
Jan	0	1
Fev	0	0
Mar	0	1
Abr	0	1
Mai	1	0
Jun	1	0
Jul	1	1
Ago	0	0
Set	0	0
Out	1	0
Nov	1	1
Dez	1	0
μ	0,42	0,42
σ	0,51	0,51
CV	1,24	1,24

Tabela 2 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação das demandas dos anos A e A+1 do item M.

Por fim, com relação aos coeficientes de variação observados, verificou-se que todos os itens apresentaram um CV superior a 0,4, o que torna a previsão da demanda dos itens reparáveis em questão bastante difícil. Neste ponto, há uma necessidade de se buscar uma maior uniformidade do processo, para que haja uma menor dispersão dos dados.

Com relação à razão sinal ruído, observa-se que a mesma aumentou nos itens E, F, I, K, L e N. Nos itens A, B, C, D, G, H, J e O, diminui. No que tange ao item M, a razão sinal ruído também permaneceu inalterada diante dos valores observados na tabela 2.

Para sintetizar, observe a tabela 3 abaixo, a qual apresenta as variações do CV e da Razão Sinal Ruído dos itens.

Ord	Item	Variação CV	Tendência	Variação SNR	Tendência
A	SC7282	-0,5	DIMINUIU	-8,62	DIMINUIU
B	4001670-2511	0,25	AUMENTOU	-1,05	DIMINUIU
C	SC8033	-0,39	DIMINUIU	-3,68	DIMINUIU
D	SC8034	-0,68	DIMINUIU	-7,78	DIMINUIU
E	3057-149-3	-0,3	DIMINUIU	2,49	AUMENTOU
F	4000504-0301	0,11	AUMENTOU	1,15	AUMENTOU
G	ARC182	0,35	AUMENTOU	-2,94	DIMINUIU
H	5351-6	-0,48	DIMINUIU	-2,31	DIMINUIU
I	5633-710-80-11	0,06	AUMENTOU	0,59	AUMENTOU
J	3057-3-136-1	-0,31	DIMINUIU	-6,67	DIMINUIU
K	5637-560-00-10	0,93	AUMENTOU	9,78	AUMENTOU
L	CDU FDR	0,06	AUMENTOU	2,52	AUMENTOU
M	MDAU FDR	0	ESTÁVEL	0	ESTÁVEL
N	Maleta Vib Motor	-0,41	DIMINUIU	6,02	AUMENTOU
O	524-031	-0,12	DIMINUIU	-0,06	DIMINUIU

Tabela 3 – Variações dos CV e das SNR observados e seu comportamento.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Da tabela 3, pode-se observar que para os itens A C, D, H, J e O tanto o coeficiente de variação quanto a razão sinal ruído diminuíram do ano A para A+1, ou seja, houve uma menor variabilidade na demanda, o que indicaria que o processo foi mais uniforme, porém o processo em si ficou menos robusto, ou seja, ficou mais sujeito às variáveis externas (ruídos).

Para os itens F, I, K e L houve um aumento tanto no coeficiente de variação quanto na razão sinal ruído, indicando que o processo teve maior variabilidade, porém, tornou-se mais robusto.

Para os itens B, E, G e N, observou-se um comportamento contrário dos parâmetros do coeficiente de variação e da razão sinal ruído. Para os itens B e G, o coeficiente de variação aumentou enquanto a razão sinal ruído diminuiu. Nesse caso, observa-se que o processo se tornou mais variável e menos robusto. Já para os itens E e N, ocorreu o contrário, ou seja, o coeficiente de variação diminuiu enquanto a razão sinal ruído aumentou. Para estes itens, pode-se observar um ganho nos dois parâmetros, uma vez que se busca obter o mínimo coeficiente de variação possível e o máximo de razão sinal-ruído. Para o item N, a razão sinal ruído manteve-se inalterada.

Face ao exposto, pode-se observar que não existe uma correlação entre os valores do coeficiente de variação e da razão sinal-ruído, uma vez que o comportamento esperado seria que ao se reduzir a variabilidade (coeficiente de variação), a razão sinal-ruído deveria subir. O contrário também deveria ocorrer, ou seja, ao se aumentar o coeficiente de variação, a razão sinal ruído deveria diminuir. De fato, essas duas hipóteses só ocorreram nos itens B, E, G e N, ou seja, apenas 4 (quatro) dos itens estudados. Nos demais 11 (onze) itens, tal tendência não ocorreu. Desse modo, pode-se concluir que embora sejam conceitos muito ligados entre si, não há uma correlação entre o coeficiente de variação e a razão sinal ruído.

Nesse ponto, torna-se crucial destacar a diferença entre o coeficiente de variação e a razão sinal ruído. O coeficiente de variação mede a variabilidade dos dados em geral, indicando a variabilidade do processo como um todo, enquanto a razão sinal ruído mede a influência das variáveis não controláveis (ruídos) no processo.

Como os dados apresentados possuem um elevado coeficiente de variação, a empresa começou a tomar medidas importantes no sentido de se reduzir a variabilidade no processo. Dentre as medidas apresentadas, podemos citar o treinamento dos operadores dos equipamentos no sentido de se uniformizar processos e consequentemente reduzir panes por operação incorreta do instrumento.

Para se tornar o processo robusto, devem ser inseridas melhorias na engenharia interna dos equipamentos. Para tanto, deve-se procurar identificar quais são os fatores que mais influenciam na quebra do componente e promover experimentos, colocando-os em banco de provas ou situações adversas.

Cabe ressaltar que devido ao fato de os itens reparáveis serem equipamentos de alto valor, a condução destes experimentos deve ser otimizada através de experimentos fatoriais fracionados e o Método de Taguchi pode ser uma alternativa viável para isso.

Um experimento complexo, mas que pode ter a quantidade de experimentações reduzidas poderia consistir em se operar um equipamento aviônico numa sala com a umidade do ar elevada, algo em torno dos 90%, esse seria o nível “alto”. Para o nível baixo, por exemplo, a umidade do ar poderia estar situada em um nível “baixo”, algo em torno dos 25%. Pode-se fazer um nível intermediário, com a umidade do ar em torno dos 60%. Então se mediria o tempo de operação até a primeira falha em horas de operação.

Para o fator temperatura, pode-se realizar um ensaio semelhante, com o nível “alto” a uma temperatura de 35° C, o nível intermediário em torno dos 20º C e o nível baixo em torno dos 0° C, por exemplo. Tais ensaios deverão ser conduzidos para outros fatores, como a pressão atmosférica, por exemplo.

Nesse aspecto, cabe ressaltar que para que o ruído fique evidente e se possa estimar o erro do experimento, os ensaios devem ser realizados em triplicata, no mínimo. Desta forma, embora a quantidade de experimentos possa ser significantemente reduzida pelo Método de Taguchi, a condução do experimento ainda assim é bastante onerosa.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Outra observação importante, diz respeito à variação da razão sinal ruído observada. Em apenas 06 (seis) dos 15 (quinze) itens estudados, ou seja 40%, houve um aumento da razão sinal ruído, o que indica que a manutenção dos itens no ano A+1 ficou mais sensível aos ruídos. Nesse aspecto, pode-se observar que a contribuição do experimento sugerido pode ser significativa, uma vez que os efeitos dos ruídos podem ser minimizados.

5. Conclusões

Como principal conclusão, no sentido de se atender a proposta deste trabalho, pode-se afirmar que não existe uma correlação entre o coeficiente de variação e a razão sinal ruído. Apesar do coeficiente de variação ideal ser aquele menor possível, ou seja, próximo de zero e a razão sinal ruído é a maior possível, ou seja, tendendo a infinito, **não** se pode afirmar que quanto maior é a razão sinal ruído, menor será o coeficiente de variação e vice-versa.

Por óbvio, ao se analisar dados, cresce a necessidade de se analisar não só o coeficiente de variação, bem como a razão sinal ruído, uma vez que o processo pode ser menos variável, porém mais suscetível aos ruídos. O contrário também é verdadeiro, ou seja, o processo pode ter uma variabilidade maior, mas pode estar menos suscetível aos ruídos. Embora a variabilidade e a robustez sejam conceitos bastante próximos, não podem ser confundidos.

A prática ideal é aquela que minimiza o coeficiente de variação e maximiza a razão sinal ruído. Para se observar com mais detalhes a influência dos ruídos na demanda de itens reparáveis na manutenção de helicópteros sugere-se que o método aqui descrito seja aplicado a todos os itens reparáveis de uma aeronave e em um intervalo maior. Neste estudo, utilizou-se apenas dois anos, mas este intervalo pode ser aumentado para, 4, 5 ou até mesmo 10 anos. No caso em questão, tal limitação temporal deveu-se a dificuldade de se extrair os dados do banco de dados da empresa.

Outra sugestão de complementação do trabalho seria a condução de um experimento nos moldes citados na seção anterior, com vistas a determinar o impacto das variáveis ambientais (ruídos) na performance dos equipamentos, utilizando-se experimentos fatoriais fracionados.

Nesse sentido, observa-se que o presente trabalho, embora tenha cumprido seu propósito, serve apenas de ponto de partida para outros trabalhos acerca do tema. O método aqui utilizado pode ser informatizado utilizando-se uma linguagem de programação como Python e acoplado ao banco de dados da empresa. Desta forma, irá fornecer ao gestor do processo os valores da razão sinal ruído, indicando a melhora ou piora na robustez do processo, assim como da variabilidade do processo medida pelo coeficiente de variação.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Referências

Arts, J. (2017). A multi-item approach to repairable stocking and expediting in a fluctuating demand environment. *European Journal of Operational Research*, 256(1): 102–115.

Ballou, R.H. (2016)**.** Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial. 5 ed. Trad Raul Rubenich, Bookman, Porto Alegre.

Basten, R.J.L. Van der Heijden, M.C. e Schutten, J.M.J**.** (2012). Joint optimization of level of repair analysis and spare parts stocks, *European Journal of Operational Research*, vol. 222(3):474-483.

Bowersox, D.J. e Closs, D.J. (2009). Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento. Trad. Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves. Atlas, São Paulo.

Christopher, M. (2009). Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 4 ed. Cengage Learning.

Dobos, I. (2003). Optimal production–inventory strategies for a HMMS-type reverse logistics system. *International Journal of Production Economics,* (81–82): 351–360.

Gonçalves, F. (2007). Excel Avançado 2003/2007 – Forecast – Análise e Previsão de Demanda. Ciência Moderna. Rio de Janeiro.

Igawa, M. (2006)**.** Otimização do Suprimento de Itens Reparáveis para Frotas de Aeronaves. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

Koh, S.G., Hwang, H., Sohn, K.I. e Ko, C.S. (2002). An optimal ordering and recovery policy for reusable items. *Computers and Industrial Engineering*, 43: 59-73.

Konstantaras, I., Skouri, K. e Jaber, M. (2010). Lot sizing for a recoverable product with inspection and sorting. *Computers and Industrial Engineering*, 58:452-462.

Mabini, M.C., Pintelon, L.M. e Gelders, L.F. (1992). EOQ type formulations for controlling repairable inventories. *International Journal of Production Economics*, 28:21-33.

Machado, O. A. (2010). O Cálculo da Quantidade de Giro de Suprimentos Reparáveis para Frotas de Asa Rotativa. Monografia (Especialização em Logística Internacional). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

Marques, M. A. M. (2015). Estimação dos intervalos de confiança para a função perda de Taguchi, razão sinal ruído e dos índices de capacidade potencial do processo, por meio do método de reamostragem. Tese. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Montgomery, D. C. (1991). Design and Analysis of Experiments. Third Edition. Nova York, Wiley & Sons.

Pimenta, C. D, Silva, M. B, Ribeiro, R. B, Claro, F. A. E. (2012). Método de Taguchi aplicado na identificação dos fatores causadores da descarbonetação do arame de aço SAE 51B35, durante tratamento térmico de esferoidização. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Ano 7, nº 2: 97-108.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779

Richter, K. (1996). The EOQ repair and waste disposal model with variable setup numbers. *European Journal of Operational Research*, 95:313-324.

Souza, B, Santos, A.P.L e Filho, M. L. S. (2018). Uso do projeto robusto para identificação de fatores que contribuem para a intensidade do aspecto de "casca de laranja" em superfície de para-choques pintados. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 25, n. 3:513-530.

Sweeney, D.J., Williams, T.A. e Anderson, D.R. (2016). Estatística Aplicada a Administração e a Economia. São Paulo, Cengage Learning.

Tracht, K. Von der Hagen, F. e Schneider, D. (2013). Applied repairable-item inventory modeling in the aviation industry. *Procedia Cirp*, v. 11,:334-339.

DOI: 10.59254/sbpo-2023-174779
http://live-proceedings.pantheonsite.io/p/174779