

Utilização de análise multicritério contribuindo com o FMEA na avaliação de riscos

Use of multicriteria analysis contributing to FMEA in risk assessment

RESUMO

Andrei Strickler
stricklerandrei@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

Álamo Alexandre da Silva Batista
alamoalexandre@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

A intensa utilização de métodos de decisão multicritério (MCDM) vem sendo difundida na literatura ao longo dos anos. A aplicabilidade de MCDM em conjunto do FMEA vem sendo estudada no intuito de auxiliar o processo FMEA apontando a falha que oferece maior potencial de risco levando em consideração o contexto com os critérios e pesos definidos por decisores. O FMEA tradicional emprega a avaliação dos riscos associados às falhas de acordo com a multiplicação de três critérios conhecidos, são eles: severidade, ocorrência e detecção. O uso de indicadores por gestores de manutenção melhora a eficiência e eficácia da produção elevando o tempo de disponibilidade das máquinas além de evitar quebras. Neste trabalho, aplicou-se uma técnica de MCDM conhecida pela sigla TOPSIS, fazendo o uso dos mesmos critérios do FMEA tradicional. Empregou-se a ponderação necessária de forma intuitiva como forma de prova de conceito. Os resultados apresentam que quando ponderados os critérios do FMEA tradicional mostram que a falha de maior risco é uma falha diferente da apontada quando usado nos moldes convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: MCDM. Decisão. Manutenção industrial. Falha

Recebido: 04 set. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The intense use of multicriteria decision methods (MCDM) has been widespread in the literature over the years. The applicability of MCDM in conjunction with the FMEA has been studied in order to assist the FMEA process by pointing out the failure that offers the greater risk potential taking into account the context with the criteria and weights defined by decision makers. The traditional FMEA employs the risks assessment associated with failures according to the multiplication of three known criteria, namely: severity, occurrence and detection. The use of indicators by maintenance managers improves the efficiency and effectiveness of production increasing the time of machines availability in addition to preventing breakages. In this work, a MCDM technique known by the acronym TOPSIS was applied, using the same criteria as the traditional FMEA. The necessary weighting was used intuitively as a proof of concept. The results show that when weighted the criteria of the traditional FMEA show that the highest risk failure is a different failure from the one pointed out when used in the conventional molds.

KEYWORDS: MCDM, Decision, Industrial maintenance, Failure



INTRODUÇÃO

A utilização de métodos que auxiliem em uma tomada de decisão tem sido amplamente recomendadas pela literatura devido ao grau de eficiência e efetividade que esses propiciam nas mais diversas áreas de aplicação, como visto em Araújo (2019) e Bacelar (2018). Diferentes problemas nas mais variadas áreas possibilitam a aplicação de métodos tomadores de decisão, principalmente quando existem diferentes critérios e objetivos a serem examinados, sendo muitas vezes quando conflitantes entre si. Para esses casos, são chamados de métodos de decisão multicritério (MCDM) Zavadskas et al. (2014). A variedade de problemas onde múltiplos MCDMs podem ser aplicados é vasta e neste trabalho o enfoque será direcionado para a área de engenharia, especificamente em processos industriais.

O efeito das consequências que problemas em processos industriais oferecem são múltiplos. Diversas áreas podem ser afetadas quando um problema ocorre em um máquina, como por exemplo, uma simples falha acarretando o travamento de um rolamento sendo que este afetará um rolo e que por consequência não irá operar de acordo com suas especificações adequadas. Dessa forma, neste exemplo básico, uma falha pode desencadear em um processo ineficiente e/ou um produto defeituoso. No ambiente industrial inúmeros objetos podem sofrer falhas e então, o método para a Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) compreende a etapa de análise da falha e identificação do(s) causador(es), ou seja, a raiz da falha como citam Sharma; Srivastava (2018). Este método tem como finalidade a eliminação, ou ao menos a redução, da possibilidade de falhas em processos.

O FMEA foi criado e tem sido aplicado na engenharia de produtos e/ou processos para mitigar falhas com o intuito de entender quais riscos um desses pode estar suscetível, segundo Tondin et al. (2017). Múltiplos indicadores de performance da manutenção industrial foram criados para aprimorar a detecção de falhas em processos. Muitos indicadores consideram em suas medidas a diferença entre o desempenho atual e o desejado segundo Oliveira *et al.* (2016).

Na iminência de defeitos, por exemplo, as vidas dos operadores são postas em risco se determinada função do maquinário estiver comprometida. Com o auxílio de métodos que medem os riscos em processos, essas estratégias têm mostrado boas maneiras de otimizar processos e mitigar as falhas inerentes aos processos. Como forma de estimar os riscos, calcula-se o risco associado àquela atividade através de três fatores que compõem o modo clássico de análise de risco chamado de Nível de Criticidade de Risco também conhecido como Número de Prioridade de Risco (RPN), são eles: Ocorrência, Severidade e Detecção. O RPN é conhecido como um indicador que representa a probabilidade de uma falha em um determinado processo tem em acontecer.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: a seção Material e Métodos contém os tópicos de pesquisa aqui utilizados como: FMEA e MCDM; a seção Resultados e Discussões expõe a demonstração da aplicação de um MCDM para um problema FMEA abordado distinto do tradicional, usando RPN; a seção Conclusão apresenta os impactos e discussões a respeito desta pesquisa; por fim, a seção de Referências encerra este projeto mostrando os trabalhos utilizados como embasamento referencial.

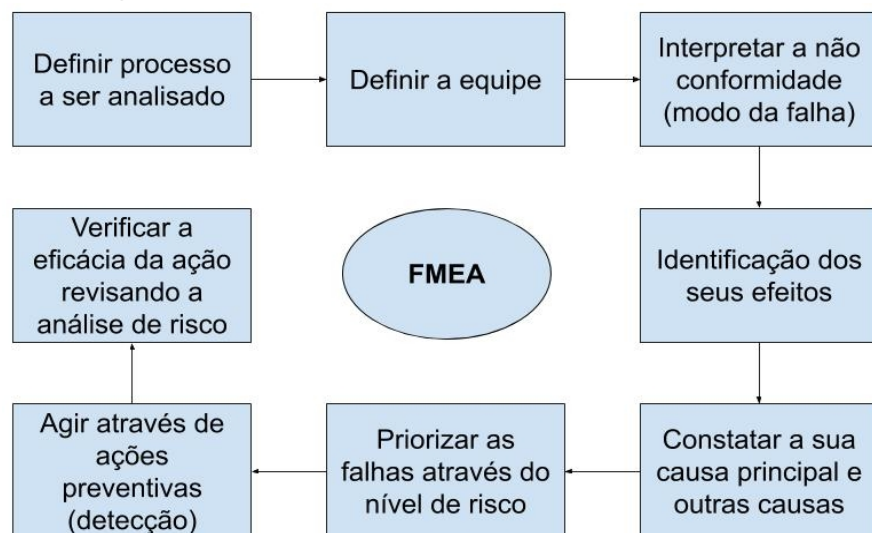
MATERIAL E MÉTODOS

FMEA é um método utilizado para prevenir falhas e analisar os riscos de um processo, através da identificação de causas e efeitos para constatar as ações que serão utilizadas para inibir as falhas. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados ao processo, segundo Figueiredo (2014). O modo de falha esta ligado a como um processo pode ser levado a operar de forma incorreta e é composto por: efeito, causa e detecção. Efeito é o resultado que a falha pode gerar; causa é a explicação da falha ter ocorrido; e detecção é a forma usada na gestão do processo para prevenção de potenciais falhas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma Brasileira (NBR) 5462 (1994) 'Confiabilidade e Manutenibilidade', defeito é "Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos", ou seja, defeitos são ocorrências nas máquinas que não impedem seu funcionamento imediato, mas no futuro e pelo resultado do problema geram sua indisponibilidade. Ainda, de acordo com a mesma NBR 5462 (1994), falha é "Término da capacidade de um item executar a função requerida", ou seja, falhas são ocorrências nas máquinas que impedem seu funcionamento ou geram perdas de desempenho ou prejuízos à qualidade do produto final ou de serviço prestado.

O FMEA é de grande utilidade para identificar problemas em um processo visando sua confiabilidade como resultado da análise do processo Sharma; Srivastava (2018). Segundo Menezes (2020), o FMEA, é composto por inúmeras ações em sequência, e essa estrutura de etapas é apresentada na Figura 1. Esta análise ajuda a aumentar o conhecimento acerca do produto e as possíveis consequências das falhas decorrentes do processo de projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, que ainda exista, irão causar menos prejuízos.

Figura 1: Sequência conceitual de etapas para aplicação do FMEA



Fonte: Autoria própria (2020)

Na literatura, o FMEA é visto como um método de avaliação de riscos, e portanto, devem ser extraídos dados do problema que possam servir de base para futura tomada de decisão. O valor RPN oferece dados vitais para o FMEA indicando um ranking de acordo com os critérios definidos e gerará uma nota que

avalia o risco da falha ocorrer para cada alternativa Menezes (2020). A falha mais crítica será apontada a prioritária para aplicação de ações de melhoria.

O RPN é constituído dos seguintes parâmetros: Severidade (SEV): impacto que uma falha no processo pode causar na empresa; Ocorrência (OCO): frequência ou probabilidade com que as falhas podem ocorrer no processo; e Detecção (DET): probabilidade de detectar a falha antes que ela aconteça no processo. Para os parâmetros SEV e OCO, é considerada uma escala de valores/conceitos que variam de 1 a 10, sendo 1 - “Nunca” e 10 - “Sempre”, e para DET, são invertidos os valores. A Eq. (1) apresenta como a nota RPN é obtida através dos dados de SEV, OCO e DET para cada falha observada.

$$RPN = SEV \times OCO \times DET \quad (1)$$

A grande importância que a manutenção ganhou e vem ganhando ao longo do tempo é devido à novos paradigmas de produção, como *Lean Manufacturing*, onde a manutenção colabora com o alto impacto na qualidade e produtividade e, portanto, nos custos de produção e na satisfação do cliente. A gestão de manutenção engloba todas atividades da administração que definem os objetivos, estratégias e deveres da manutenção. A realização se dá por meio de planejamento de manutenção, supervisão da manutenção e aprimoramento de métodos na organização, incluindo fatos como custos, capital humano e tempo.

No FMEA tradicional apenas os três fatores que compõem o RPN são considerados, como visto anteriormente. Porém, no RPN os fatores SEV, OCO e DET podem receber valores distintos e diferentes composições de valores para os três parâmetros podem conceber um mesmo valor final de RPN, como cita Menezes (2020), dessa forma, não levando em consideração a importância relativa em cada um dos fatores e esse fato deve ser analisado no momento de tomada de decisão. Para evitar esse tipo de adversidade, pode-se propor a utilização de ponderações desses três fatores, ou o acréscimo de outros indicadores na estrutura de identificação de riscos associados. Planos de gerenciamento das tarefas de manutenção, principalmente na manutenção preditiva, usam indicadores que acompanham o desempenho de máquinas de acordo com determinados dados coletados por monitoramento ou inspeção.

Exemplos de indicadores usados por gestores da manutenção, segundo Xavier (2017), são: Tempo médio de reparo (MTTR), Tempo médio entre falhas (MTBF) e Disponibilidade. O MTBF indica o tempo total de bom funcionamento médio, entre as falhas de máquinas que podem ser reparáveis. O indicador de manutenção MTTR apresenta o tempo médio que os funcionários vão levar para colocar a máquina em funcionamento novamente. A disponibilidade é o tempo que a máquina está disponível para funcionar, conforme o programado e é o principal alvo da gestão de manutenção, então, quanto maior o valor, melhor.

O trabalho de Liu *et al.* (2019), indica em seus estudos futuros que, fatores de risco diferentes e adicionais devem ser incluídos no FMEA para classificar os riscos dos modos de falha identificados de maneira mais ampla, como em Lo; Liou (2018). Além disso, é sugerido construir uma hierarquia composta de fatores de risco para fazer uma análise e avaliação sistemáticas das causas e modos de falha.

Os MCDM que podem ser empregados em situações nas quais propõe-se tomar decisões que abrangem múltiplos objetivos, podendo estes serem contraditórios ou não, e sua aplicação permite o uso de regras e/ou pesos para cada um desses objetivos, destacado também por Araújo (2019). Em um

problema com muitos objetivos (multicritério) existe a ação de várias entidades. Os componentes básicos de um problema de decisão multicritério são: Decisores, Analistas, Modelo, Critérios e Alternativas. Cada alternativa possui um valor de acordo com cada critério e cada critério está associado a um sentido de preferência; uma escala (por exemplo, ótimo = 3; bom = 2; ruim = 1); e então se tem uma estrutura de preferências. Considera-se que um critério de decisão é um valor real no conjunto das alternativas, de modo que seja interessante comparar duas alternativas de acordo com uma determinada ótica do problema.

A junção de critérios com alternativas gera uma matriz (tabela), chamada matriz de decisão. Definida por M alternativas e N critérios, apresenta dimensão $M \times N$ e os seus elementos são os desempenhos ou níveis de pertinência de cada alternativa em cada critério. Os valores para cada critério podem ter uma escala numérica de medida, por exemplo, os custos (R\$ 50,00 ou R\$ 30.000,00) ou uma escala subjetiva, por exemplo, o conforto de um carro (bom ou regular). Então, na ocorrência da aplicação de um MCDM a matriz de decisão deve ter antes quantificados e normalizados seus elementos de acordo com funções adequadas.

Conforme a revisão sistemática de Liu et al. (2019), este descreveu e resumiu os MCDM mais utilizados em engenharia na área de manutenção em conjunto com o FMEA. Complementando a revisão, demais trabalhos da literatura como Sharma; Srivastava (2018) já agregaram na aplicação de MCDM no auxílio à tomada de decisão no confronto de inúmeras alternativas de solução em problemas encontrados pela técnica FMEA em processos industriais. A revisão de Liu et al. (2019) indicou que a Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal (TOPSIS) e Análise Relacional Grey (GRA) como os dois MCDM mais utilizados no âmbito de auxiliar a tarefa de mitigar falhas em processos industriais com o FMEA. Autores como: Gu et al. (2019) e Li et al. (2019) já mostraram a aplicabilidade dos métodos TOPSIS ou GRA em conjunto do FMEA. Importante ressaltar que esses métodos pertencem a classe de métodos compensatórios, ou seja, é necessária participação do decisor realizando a definição de pesos específicos para cada um dos critérios analisados.

O trabalho de Lima *et al.* (2017) mostrou um estudo de caso da aplicação do FMEA em uma indústria de embalagens plásticas no estado do Pará. Através de registros históricos da empresa e entrevistas e da informação que o setor de manutenção aplica manutenção corretiva não planejada, foram avaliadas dentre as 23 máquinas da planta, qual seria vital que fossem reduzidas as paradas visto o material desperdiçado, quantia de paradas e as falhas que causam quebras em demasia. Após, o mesmo estudo resumiu a planta industrial com as seguintes máquinas: seis impressoras, quatro extrusoras, duas laminadoras, quatro rebobinadoras e sete máquinas de corte e solta. A partir disto, o estudo encontrou como máquina chave as rebobinadoras, as quais são responsáveis pelo corte e alinhamento de grandes bobinas de embalagens para tamanhos menores.

De acordo com os registros históricos, o estudo aponta que existem três falhas mais recorrentes: i) Desalinhamento do corte; ii) Falha do rolamento do sensor; e iii) Lâmina de corte não amolada. Em seguida, são computados valores de RPN para cada uma destas, no sentido de classificá-las de acordo com o RPN, e portanto maior risco de quebra. A Tabela 1 apresenta os valores dos critérios que compõe o valor de RPN, vindos do estudo. Nota-se que além da aplicação do FMEA e então descoberto o valor de RPN, o estudo trouxe a aplicação dos

métodos de Análise da Causa-raiz da Falha e Cinco Porquês, buscando detalhar a investigação e obter informações essenciais da causa, modo e efeito da falha.

Tabela 1 - Indicadores do FMEA para cada falha encontrada

Falha	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN
Desalinhamento do corte	2	9	1	18
Falha do rolamento do sensor	8	5	1	40
Lâmina de corte não amolada	5	5	1	25

Fonte: Adaptado de Lima *et al.* (2017)

O estudo apontou que o travamento do rolamento que realiza o alinhamento da bobina maior é a causa principal desta falha. Com isso, o estudo finaliza sugerindo ações específicas para essa falha, como troca do rolamento, lubrificação efetiva e implantação de um plano de manutenção mais consistente, sendo que primeiro deveria ser preventivo a toda planta industrial e posterior passar ao plano preditivo, visto que, a empresa não dispunha de tantos recursos para o emprego de um plano que a priori sabe-se que tem elevado custo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto nas seções iniciais deste trabalho, os MCDM vem apresentando resultados satisfatórios quando combinados ao FMEA. Para tanto, aponta-se aqui uma proposta como uma possível variação do estudo de Lima *et al.* (2017). Ao considerar as orientações de Liu *et al.* (2019), o qual apontou na os métodos TOPSIS e GRA foram os mais utilizados nas últimas duas décadas no auxílio do FMEA para aprimorar ou otimizar, produtos, processos e sistemas.

Avaliando o estudo de Lima *et al.* (2017) em que as máquinas rebobinadoras são as mais críticas já que essas são essenciais no processo, há a ausência de dados no trabalho que indiquem tal fato, além da possibilidade de outras máquinas também serem passíveis de alta gravidade, considerando o tipo de manutenção praticado pela empresa. Afim de aplicar os conceitos explicados neste trabalho, o emprego de um MCDM no estudo de Lima *et al.* (2017), diferente do método usual, capturaria mais informações sobre a empresa estudada, além de detalhar e ponderar os processos de maneira correta.

Aplicar o TOPSIS no estudo de caso é possível quando usados os parâmetros do RPN como critérios do MCDM. Portanto, como já mencionado, há ausência de mais informações que possam ser utilizadas como critérios no MCDM. Os pesos aqui empregados foram: 0.45 para SEV, 0.45 para OCO e 0.1 para DET. Considerando que o critério DET tem valor 1 para as 3 falhas, não faz diferença outra ponderação para este critério visto que o valor 1 indica que todas as falhas são facilmente detectáveis. Ainda, definiu-se que os 0.9 pontos foram divididos uniformemente entre SEV e OCO, para contabilizar o somatório de 1.0 dos pesos.

Na Tabela 2, é possível apurar que o resultado da aplicação do TOPSIS indica que a falha 'Lâmina de corte não amolada' é a que tem maior risco, quando a adequada aplicação do MCDM ao FMEA. Ainda, o valor recebido pela falha 'Falha do rolamento do sensor' é elevado e merece atenção devido a severidade que esta falha mostra na Tabela 1. A fim de evitar quebras, altos custos para área de manutenção e a produção de produtos defeituosos, que geram altas taxas de refugos devido a rigorosa qualidade que indústrias exigem, e implicando em perdas econômicas e de recursos, indica-se a troca imediata do plano de

manutenção. Como melhoria ao processo das rebobinadoras, sugere-se a atualização do sensor, se possível, no intuito de alertar o líder ou gerente do turno. Além disso, uma estrutura que aponte a posição que a bobina deve estar, para então iniciar o processo, diminuiria parte de erros de leituras do sensor.

Tabela 2: Valores do FMEA para cada falha encontrada

Falha	Valor TOPSIS	Posição
Desalinhamento do corte	0.089010	3
Falha do rolamento do sensor	0.833334	2
Lâmina de corte não amolada	0.947613	1

Fonte: Autoria própria (2020)

Ademais, é sugerida a aplicação dos métodos de Análise da Causa-raiz da Falha e Cinco Porquês para as outras falhas, na tentativa de ampliar o grupo de informações notáveis para o setor de manutenção no sentido de analisar o efeito, causa e modo da falha em um maquinário essencial, e o resultado no contexto geral da empresa no tocante de produção, custos de matéria prima e recursos humanos. Como melhoria ao que foi apontado nos parágrafos acima, recomenda-se a execução de ações semelhantes às outras máquinas da planta, principalmente para as 2 laminadoras e as 7 máquinas de corte e solda existentes. Aconselha-se para essas máquinas é fundamentada na ideia de que as laminadoras são somente 2, e dessa forma a disponibilidade deste maquinário deve ser 100% e para as 7 máquinas de corte e solda, ao fim deste processo, é o produto final que se obtêm, ou seja, quanto menor a quantia de falhas, defeitos e erros acontecerem àquele processo, mais produtos se tem para comercialização.

Dessa forma, com a aplicação de diferentes técnicas do método usado (RPN), é apontada a importância de comparar os resultados obtidos, quando possível, devido aos altos custos que envolvem uma indústria e tomar decisões precipitadas podem custar caro a longo prazo.

CONCLUSÃO

O massivo uso de MCDM no esforço de amparar a tomada de decisão por decisores em problema nas variadas áreas é extensamente conhecido. Na engenharia, especificamente na área de manutenção industrial, falhas acontecem quando um produto ou processo não esta em suas conformidades gerando prejuízos em grandes proporções quando não corrigida. A amostra de aplicação do TOPSIS com os dados advindos do estudo de caso, demonstra que os MCDM conseguem atingir e mostrar a falha de maior risco ao problema em questão.

Vale ressaltar que neste trabalho distribuiu-se uniformemente os pesos entre os critérios mais graves. Recomenda-se como trabalhos futuros, uma análise mais aprofundada da ponderação dos critérios dependendo do estilo empregado de manutenção na empresa, o qual pode privilegiar um ou outro critério. Além de recomendar a aplicação de outros MCDM auxiliando no vasto conjunto de problemas que o FMEA empenha-se em dizimar.

Ainda que a aplicação de MCDM apresente resultado diferente do exposto pelo trabalho de Lima *et al.* (2017), este trabalho entra em concordância de que é fundamental o cumprimento de um plano de manutenção efetivo diferente do utilizado. Ademais, quando da incapacidade do operador em manusear o maquinário é inevitável a ocorrência de falhas, perdas e danos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. D. DE. **Análise multicritério para priorização de processos organizacionais: aplicando ferramentas de apoio à gestão de processos**, 2019. Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão.

BACELAR, L. M. F. **Gestão da Manutenção baseada em Modelo de Decisão Multicritério Fuzzy TOPSIS: Uma estratégia chave para a produtividade**, 2018. Universidade Federal do Pernambuco.

BRITISH STANDARD, B. S. EN 13306: 2001. **Maintenance terminology**, 2001.

FIGUEIREDO, M. C. DE. Modelo de análise e priorização de riscos pelos patrocinadores do projeto. **X Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, p. 9, ago. 2014. Rio de Janeiro, Brazil.

GU, Y. K.; CHENG, Z. XIN; QIU, G. QI. An improved FMEA analysis method based on QFD and TOPSIS theory. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, p. 617–626, 2019. Springer Nature. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-018-00523-w>. Acesso em: 04 mai. 2020.

LI, J.; FANG, H.; SONG, W. Modified failure mode and effects analysis under uncertainty: A rough cloud theory-based approach. **Applied Soft Computing Journal**, v. 78, p. 195–208, 2019. Elsevier B.V. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.029>. Acesso em: 20 jun. 2020.

LIMA, N. C. D. S.; ALVIM, I. R.; NASCIMENTO, L. K. P. DO; BARBOSA JUNIOR, I. D. O.; SILVA, G. A. Análise e Proposição De Melhorias Na Área De Manutenção: Um Estudo De Caso Em Uma Fábrica De Embalagens Plásticas. **XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Anais [...], 2017. JOINVILLE, SC.

LIU, H. C.; CHEN, X. Q.; DUAN, C. Y.; WANG, Y. M. Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review. **Computers and Industrial Engineering**, v. 135, p. 881–897, 2019. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.055>. Acesso em: 01 mai. 2020.

LO, H. W.; LIOU, J. J. H. A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment. **Applied Soft Computing Journal**, v. 73, p. 684–696, 2018. Elsevier B.V. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.09.020>. Acesso em: 05 ago. 2020.

MENEZES, C. A. G. **FMEA de processo na indústria automotiva: uma análise sobre a aplicação do Número de Prioridade de Risco (RPN)**, 2020. Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, M.; LOPES, I.; RODRIGUES, C. Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. **Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production Conference**. Anais [...] . v. 52, p.157-160, 2016. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>. Acesso em: 15 jul. 2020.

SHARMA, K. D.; SRIVASTAVA, S. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review. **Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science**, v. 5, n. 1&2, p. 1-17, 2018.

TÉCNICAS, A. B. DE N. **ABNT NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 37 p.

TONDIN, R.; DREGER, A. A.; BARBOSA, L. A. Melhoria no desenvolvimento de produto: Uma aplicação da ferramenta FMEA. **Universo Acadêmico**, v. 9, n. 1, p. 153-174, 2017. Taquara, RS.

XAVIER, J. N. **Indicadores de manutenção**. ENGEMAN, 2017.

ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; KILDIENE, S. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 20, n. 1, p. 165-179, 2014.