

**MARCO BRUNO MORETTO BERGAMINI**

**Método AHP no auxílio à tomada de decisão de alternativas mediante problemas no  
fluxo de manutenção de respiradores.**

**Marco Bruno Moretto Bergamini**

**Método AHP no auxílio à tomada de decisão de alternativas mediante problemas no fluxo de manutenção de respiradores.**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Valério Pamplona Salomon

Bergamini, Marco Bruno Moretto  
B494m Método AHP no auxílio à tomada de decisão de alternativas mediante problemas no fluxo de manutenção de respiradores / Marco Bruno Moretto Bergamini – Guaratinguetá, 2021.  
38 f : il.  
Bibliografia: f. 35-38

Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2021.  
Orientador: Prof. Dr. Valério Pamplona Salomon

1. Processo decisório por critério múltiplo. 2. Respiradores (Equipamento médico). 3. Insuficiência respiratória. I. Título.

CDU 65.012.4

**MARCO BRUNO MORETTO BERGAMINI**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADU-  
ADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

  
Prof. Dra. ANDREIA M. P. SALGADO  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO P. SALOMON  
Orientador/DPD FEG UNESP

  
p/ Prof. Dr. CLAUDEMIR LEIF TRAMARICO  
MEPEP UNESP

  
p/ Eng. DANIELE MIZUNO  
Membro Externo

dedico este trabalho  
de modo especial, à minha família, pelo apoio  
incondicional em todos os momentos difíceis  
da minha trajetória acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

aos meus pais *Carlo Luigi e Sandra Cristina*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos, a minha irmã, *Giovanna Bergamini* e ao meu cunhado, *Israel Silli*, pelo apoio durante todo o trabalho;

a todos os meus amigos, pelos incentivos e amizade durante o decorrer de todos esses anos;

ao meu orientador, *Prof. Dr. Valerio Pamplona Salomon* pelo suporte ao longo deste trabalho. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível;

ao meu gestor, *Adonis Moura* e ao membro do time de supervisores de manutenção, *Rafael Nogueira*, pela oportunidade de poder realizar este estudo e por todo o suporte durante o decorrer deste trabalho.

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar;

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“...no mundo tereis aflições, mas tende bom  
ânimo, Eu [Jesus] venci o mundo”

João 16:33

## RESUMO

Avaliando-se problemas que envolvem o processo de tomada de decisão, estes, estão constantemente presentes em qualquer contexto, e costumeiramente envolvem mais de um critério relevante na escolha. Desse modo, pela complexidade desse processo, o tomador de decisão muitas vezes pretende incluir tantos critérios qualitativos (opiniões), como quantitativos (dados). Assim, essa pesquisa utilizou o método de decisão multicritério, com base em uma empresa automobilística multinacional, com problemas de gargalos no processo de manutenção dos respiradores. Com isso, o objetivo foi avaliar os ganhos que seriam obtidos com a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) combinado ao modelo BOCR (Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos) para a priorização e seleção de equipamentos, com base em seus componentes, dentro desse fluxo de manutenção, na pandemia COVID-19. Esta pesquisa é de natureza aplicada, abordagem qualitativa, objetivo descritivo e o método de pesquisa é Estudo de Caso/modelagem matemática. Após a aplicação do método, foi obtida a melhor alternativa, de acordo com os critérios considerados relevantes e comparado aos resultados reais obtidos pela empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** AHP. BOCR. Decisão multicritério. COVID-19.



## **ABSTRACT**

When assessing problems that involve decision-making process, these are constantly present in any context, and usually involve more than one relevant criterion in the choice. Thus, due to the complexity of this process, the decision maker often intends to include both qualitative (opinions) and quantitative (data) criteria. This research uses the multicriteria decision method, based on a multinational automobile company, which had a problem with bottlenecks in the respirator maintenance flow. Thus, the objective was to evaluate the results that would be obtained with the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method with the BOCR model (Benefits, Opportunities, Costs and Risks) for the prioritization and selection of equipment, based on its components, within this maintenance flow, in the pandemic COVID-19. This research is of an applied nature, qualitative approach, descriptive objective and the research method is Case Study/Mathematical Modeling. After applying the method, the best alternative was obtained, according to the criteria considered relevant and compared with the actual results obtained by the company.

**KEYWORDS:** AHP. BOCR. Multicriteria Decision. COVID-19.

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	9
1.2	DELIMITAÇÃO E QUESTÃO DE PESQUISA .....	10
1.3	OBJETIVO .....	10
1.4	JUSTIFICATIVA .....	10
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	14
2.2	TEORIA DAS RESTRIÇÕES .....	16
2.3	DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	17
2.3.1	<b>Método AHP</b> .....	18
2.3.2	<b>Modelo BOCR (Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos)</b> .....	22
3	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	23
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	25
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS .....	25
4.2	MODELAGEM DO MÉTODO AHP .....	26
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	32
5.1.	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTA ÀS QUESTÕES DA PESQUISA .....	32
5.2.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	34
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Em meio a uma pandemia de escala global, muitas indústrias tiveram que se adaptar em diversos quesitos estabelecidos pelos protocolos de higiene e segurança, se estabelecendo o que ficou conhecido como: “novo normal”. Essa doença que ficou conhecida como COVID-19, e que significa: *CoronaVirus Disease* – divulgada pelo governo chinês em dezembro de 2019. Já o vírus ficou conhecido como *SARS-CoV-2* – denominação do inglês: *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*, que significa: síndrome respiratória aguda grave do coronavírus 2. (TESINI, 2020).

Segundo Ventura (2020), a emergência internacional relacionada à pandemia do Coronavírus de 2019 (COVID-19, do inglês *Coronavirus Disease 2019*), declarada em 30 de janeiro de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (OMS), fez com que as atenções da comunidade científica fossem voltadas mais uma vez para o campo da saúde global.

Assim, devido à grande transmissibilidade da síndrome respiratória aguda grave 2 (SARS COV 2, de *Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*), assim denominado pela OMS, houve um aumento no número de infectados e conseqüentemente, mais pessoas foram direcionadas aos hospitais. Conforme Amaro (2020), mais de um milhão de pessoas infectadas e sistemas de saúde em colapso no mundo todo. Arrisca-se a dizer que nunca se havia enfrentado um vírus com uma capacidade de transmissão tão alta. E este é o grande trunfo do novo coronavírus, que apesar de não ter uma letalidade considerada elevada na população geral, tem a capacidade de provocar estragos sistêmicos – na saúde, na economia e nas relações interpessoais. (AMARO, 2020).

Dessa maneira, com a situação apresentada, começaram a surgir diversos problemas nos sistemas de saúde do Brasil, principalmente com a superlotação de Unidades de Terapia Intensiva (UTI) e a falta de respiradores mecânicos em bom estado de funcionamento. (LAVIERI, 2020). Devido a isso, muitas indústrias se dispuseram a realizar a manutenção destes aparelhos, para suprir a alta demanda provocada pela pandemia. Com isso, algumas indústrias passaram a alocar áreas de seu sistema produtivo para a realização dos reparos destes equipamentos, bem como, em alguns casos, até a produção de máscaras faciais. (GASQUES, 2020).

As rápidas adaptações no ambiente produtivo, juntamente às parcerias com empresas especializadas na produção e manutenção dos respiradores, tornaram viáveis a realização dos reparos de maneira mais breve possível. Desse modo, a alta demanda de peças para o reparo e a

variedade de aparelhos coletados para a manutenção, surgiu uma restrição no sistema produtivo conhecida como “gargalo”. (CNI, 2020).

Assim, realizar a priorização de equipamentos, selecionando e direcionando recursos como, mão de obra e peças de reparo de maneira correta, promove benefícios tanto ao sistema de saúde brasileiro, com a liberação de aparelhos respiradores consertados, como à corporação, com a otimização dos custos e poupando também desperdícios desnecessários.

## 1.2 DELIMITAÇÃO E QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho se baseou em um projeto realizado em uma empresa multinacional do setor automobilístico de grande porte, localizada no estado de São Paulo. O projeto em questão, tinha como objetivo solucionar problemas no fluxo de manutenção de respiradores, para suprir a demanda provocada pela pandemia do Coronavírus.

Para o estudo foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para a avaliação e seleção das melhores alternativas, mediante as condições do estudo. A escolha da empresa se deve à exequibilidade e a facilidade de acesso aos dados, o que possibilitou em realizar a comparação e discussão dos resultados desta pesquisa, com o caso real da empresa.

O projeto visou responder às questões: Como realizar uma tomada de decisão mais assertiva na escolha de alternativas, mediante os problemas de priorização de gargalos de manutenção de respiradores, na pandemia COVID-19? Quais benefícios obtidos com a aplicação deste método?

## 1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados obtidos com a aplicação do método multicritério para a priorização e seleção de equipamentos, dentro de uma cadeia de manutenção, e com isso, realizar a comparação entre os resultados reais da empresa e os propostos pelo método AHP.

## 1.4 JUSTIFICATIVAS

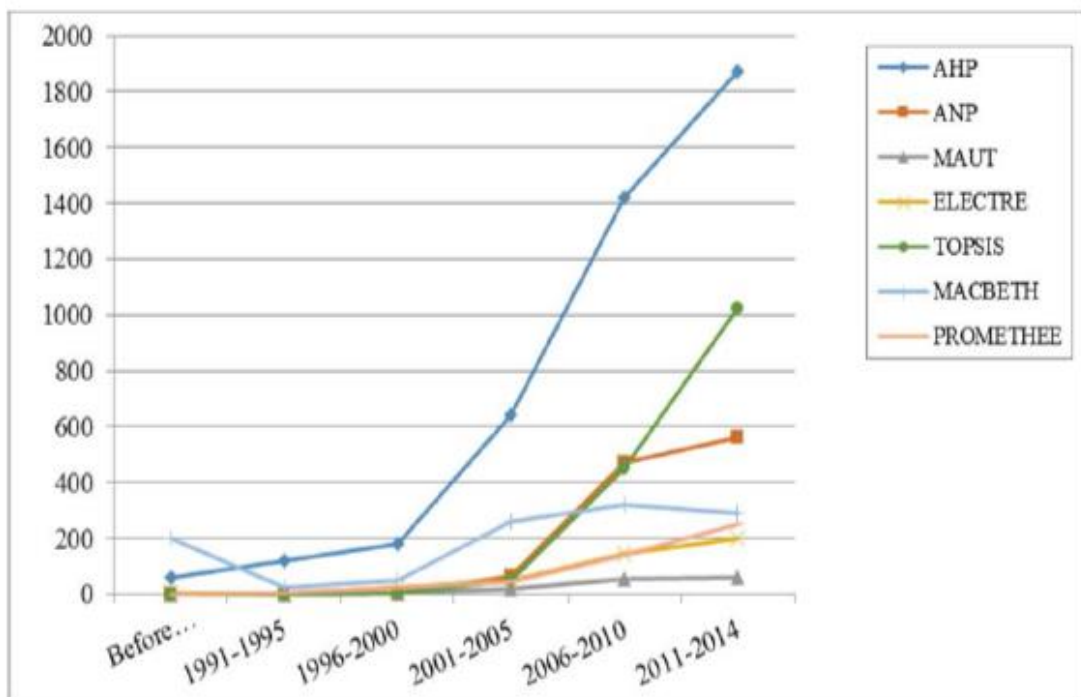
Devido ao contexto pandêmico em ocorrência no ano de 2020, a relevância do tema é demonstrada por trazer um estudo da aplicação de uma ferramenta (AHP) para auxílio na tomada de decisão no contexto em que está inserido.

Problemas envolvendo tomadas de decisão são frequentes em qualquer contexto. Diante desse fato, a aplicação de um dos métodos de tomada de decisão multicritério mais conhecidos, o AHP, auxilia na escolha da melhor alternativa em um problema de fluxo de manutenção de

respiradores, incorporando na decisão, critérios qualitativos e quantitativos como: opinião do especialista e também preço, prazo e disponibilidade.

O método AHP foi escolhido por ser um dos métodos mais utilizados para tomada de decisão multicritério. Tramarico et al. (2015) realizou um estudo bibliométrico dos anos 1991 a 2014 para identificação de quais métodos discretos de tomada de decisão multicritério foram mais utilizados dentro deste período. Assim, na Figura 1 pode-se observar que a partir do ano de 1991, o método AHP, foi o mais utilizado em publicações da *Web of Science*.

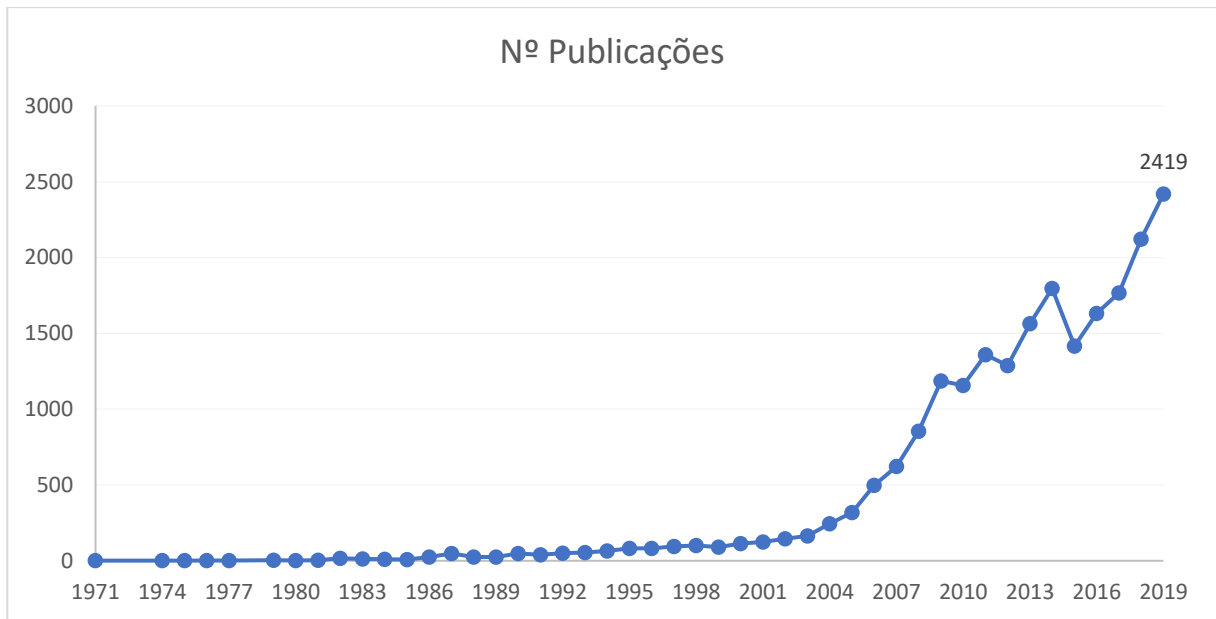
Figura 1 – Métodos de tomada de decisão multicritério



Fonte: Tramarico et al. (2015)

Além disso, de acordo com a base de dados Scopus (2020) verificou-se a que o estudo do método AHP vem em tendência crescimento há décadas em número de publicações, conforme Figura 2.

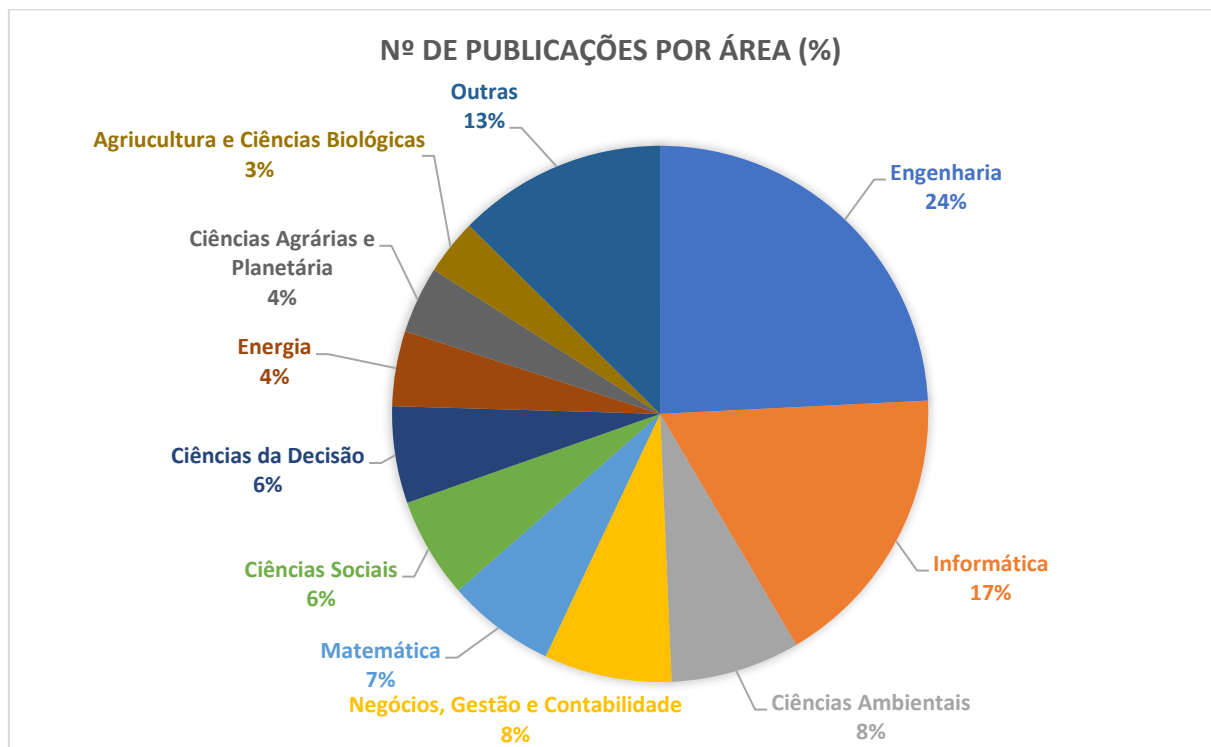
Figura 2 – Número de publicações referentes ao tema AHP entre 1971-2019



Fonte: Scopus (2020)

Já a Figura 3, representa a larga utilização do método AHP por diversas áreas, demonstrando a abrangência de contextos em que o método pode auxiliar.

Figura 3 – Número de publicações por área (%)



Fonte: Scopus (2020)

Analisando a Figura 3, percebe-se o grau de importância do tema com relação à área de Engenharia, correspondendo a cerca de 25% do total de número de publicações.

Ao analisar a literatura deste tema é possível encontrar muitos estudos de análise dos processos com a utilização da metodologia AHP e os resultados que foram obtidos em diferentes setores da indústria. Como as pessoas enfrentam o processo de tomada de decisão constantemente, seja na vida pessoal ou profissional, em âmbito corporativo, as escolhas se tornam mais criteriosas e relevantes de acordo com a visão estratégica de cada uma. (MIZUNO, 2017). Desta maneira, com aplicações resultantes da Pesquisa Operacional, por meio da estruturação de processos, aplicação de técnicas quantitativas e resolução de modelos matemáticos, a tomada de decisão torna-se mais assertiva. (EHRlich, 1991). Além disso, a alta relevância da decisão causa o aumento da exigência e da complexidade do processo, em virtude da natureza e quantidade dos critérios incorporados na análise. Ademais, os critérios qualitativos e quantitativos muitas vezes são conflitantes. Daí a importância de existir métodos que combinem os diferentes aspectos na avaliação das alternativas. (VIANA et al., 2012). Desse modo, com o método desenvolvido por Saaty (1991), o AHP, sendo um método estatístico de mensuração, onde sua lógica construtiva permite criar rankings de prioridades, tornou-se primordial neste cenário.

Portanto, é destacada a importância da utilização do método AHP em diversos contextos como a identificação de gargalos, além processos de tomada decisão em gestão de projetos, aquisições de bens e alocação de recursos.

Assim, o fato de relacionar um tema recente sobre o estado pandêmico global com a adaptação das indústrias em meio ao “novo normal”, este estudo que será desenvolvido visa trazer as alternativas utilizadas pela indústria para tomada de decisão, em meio a uma nova realidade, a fim de comparar os resultados e mostrar os benefícios de se usar um método estruturado de tomada de decisão multicritério para selecionar a melhor alternativa.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O próximo capítulo possui o referencial teórico envolvendo conceitos de sistemas de produção, além de tratar sobre tomada de decisão multicritério (MCDM), do método AHP e modelo BOCR. No terceiro capítulo apresenta-se o desenvolvimento, o qual se realizou o levantamento de dados e modelagem do método AHP com a seleção dos critérios, alternativas e da ferramenta utilizada. No quarto capítulo encontram-se os resultados e as discussões e em seguida, no quinto capítulo, o qual apresenta-se as conclusões e sugestões para trabalhos futuros, finalizando com as referências bibliográficas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Uma utilidade que pode ser citada com a classificação dos sistemas de produção é permitir discriminar grupos de técnicas de planejamento e gestão da produção apropriadas a cada tipo particular de sistema. (PERALES, 2001). Assim, conforme Moreira (1998) define, os sistemas de produção apresentam duas classificações, a Tradicional e Cruzada de Schroeder:

**1) Classificação Tradicional:** em função do fluxo do produto, agrupando os sistemas de produção em três grandes categorias:

**a) Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha:** apresentam a sequência linear de fluxo e trabalham com produtos padronizados;

**b) Sistemas de produção intermitente** (fluxo intermitente)

**c) Sistemas de produção de grandes projetos sem repetição:** produto único, não há rigorosamente um fluxo do produto, existe uma sequência predeterminada de atividades que deve ser seguida, com pouca ou nenhuma repetitividade.

Para os sistemas de produção contínua ou fluxo de linha (a), segundo Moreira (1998) subdivide-se em 2 tipos:

i) **produção contínua propriamente dita:** é o caso das indústrias de processo, este tipo de produção tende a ter um alto grau de automatização e a produzir produtos altamente padronizados;

ii) **produção em massa:** linhas de montagem em larga escala de poucos produtos com grau de diferenciação relativamente pequeno.

Já para os sistemas de produção intermitente (b), segundo Moreira (1998), a divisão é dos tipos:

i) **por lotes:** ao término da fabricação de um produto outros produtos tomam seu lugar nas máquinas, de maneira que o primeiro produto só voltará a ser fabricado depois de algum tempo

ii) **por encomenda:** o cliente apresenta seu próprio projeto do produto, devendo ser seguidas essas especificações na fabricação.

**2) Classificação Cruzada de Schroeder:** De acordo com Moreira (1998) considera duas dimensões em sua classificação. A primeira, sendo do tipo de fluxo de produto, semelhante à classificação tradicional. Na segunda, a dimensão se deve ao tipo de atendimento ao consumidor, onde se estabelecem duas classes:

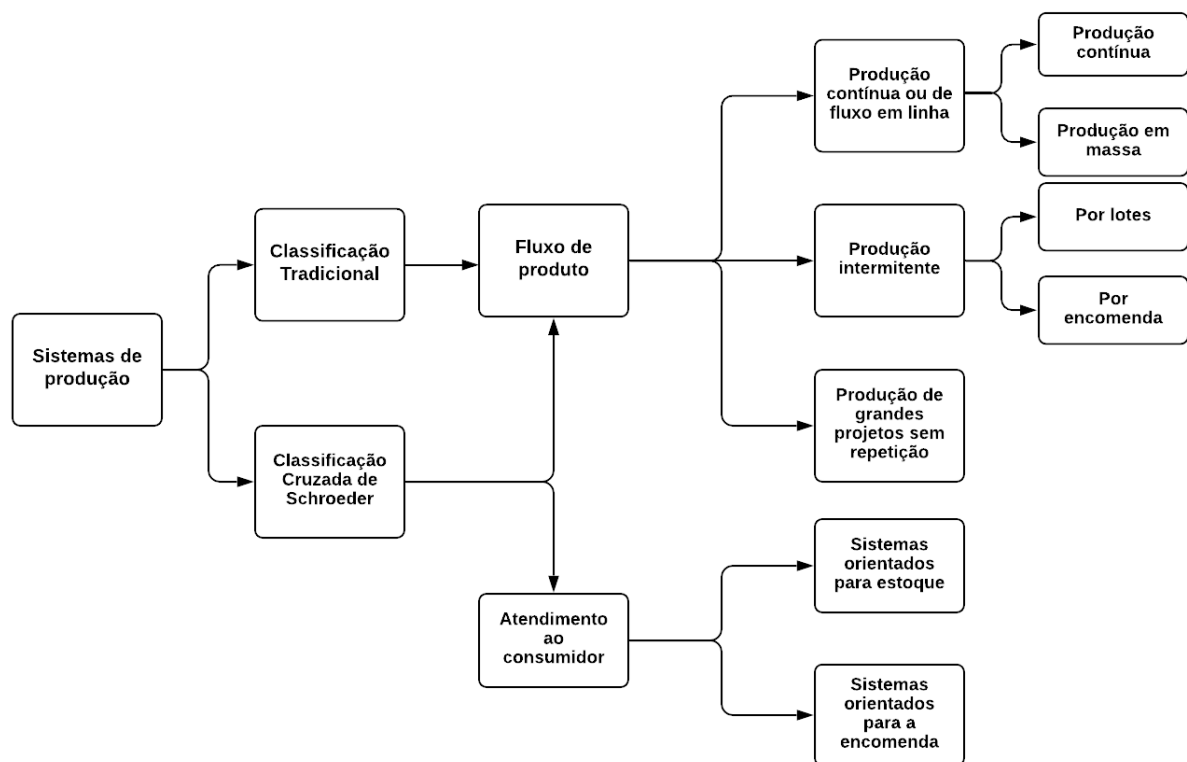


i) **Sistemas orientados para estoque:** produto é fabricado e estocado antes da demanda efetiva do consumidor. Este tipo de sistema oferece atendimento rápido e a baixo custo, mas a flexibilidade de escolha do consumidor é reduzida;

ii) **Sistemas orientados para a encomenda:** as operações são ligadas a um cliente em particular, discutindo-se preço e prazo de entrega

Para a representação clara dos tipos de sistema de produção, o esquema da Figura 4 demonstra, de maneira visual os itens já citados:

Figura 4 – Representação visual das classificações dos tipos de sistemas de produção.



Fonte: Próprio autor.

Assim, levando-se em consideração as classificações propostas por Moreira (1998), pode-se dizer que a indústria em análise neste estudo se enquadra com seu sistema produtivo classificado como:

Em função do fluxo de produto:

1) Produção contínua ou de fluxo em linha;

a. Produção em massa;

Em função do atendimento ao consumidor:

2) Sistema orientado para estoque;

## 2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

“Na Teoria das Restrições, o princípio é de que dentro de um sistema sempre haverá uma restrição que limitará a sua capacidade produtiva.” (WATSON et al., 2007, p. 390). Com a máxima utilização de um recurso restritivo, conseqüentemente resultará em uma máxima utilização de um sistema. Restrição é definida como qualquer barreira ou fator limitante que leve a empresa a não obtenção de sua meta. (GUPTA; BOYD, 2008).

Assim conceitua-se como gargalo:

“Qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina o seu desempenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade. Em um processo produtivo, o gargalo é a etapa com menor capacidade produtiva e que impede a empresa em atender plenamente a demanda por seus produtos. Por outro lado, a existência de níveis excessivos de capacidade produtiva em algumas etapas não-gargalos em relação à etapa gargalo, resultam em investimentos ociosos, que influenciam negativamente o desempenho da empresa. Assim, aumentam a capacidade produtiva da etapa gargalo e/ou redimensionar os investimentos ociosos nas etapas não-gargalos, podem constituir decisões estratégicas capazes de promover um maior retorno sobre o investimento.” (PESSOA, 2003).

Já para Goldratt (2002), gargalo é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele. Isso significa, que ele representa um processo com o total da sua capacidade utilizada, mas que necessita processar mais peças a fim de manter o fluxo para o atendimento do mercado que o sistema produtivo propõe atender.

A Teoria das Restrições relaciona-se à análise e ao balanceamento do fluxo do processo e o saneamento dos gargalos num sistema de produção. De acordo com Goldratt (2002), para análise, é necessária a seguinte sequência de atividades:

- i) Identificação das restrições do sistema;
- ii) Busca da restrição para então subordinar todos os demais recursos a ela;
- iii) Elevação da capacidade e;
- iv) Se a atual restrição não for mais um gargalo, encontrar a próxima retornando ao passo inicial.

A identificação dos gargalos/restrições inclui uma análise e uma verificação dos processos globais da empresa. A otimização dos processos direciona-se à compreensão do processamento em si, a análise das perdas, e seu relacionamento com as operações subsequentes. (SHINGO, 1996a).

Detalhando cada etapa citada anteriormente, temos conforme proposto por Goldratt (1997):

i) Identificação das restrições do sistema: Antes de solucionar um problema, deve-se preliminarmente identificá-lo. Nesta primeira etapa o objetivo é encontrar o fator limitante do sistema de produção. Assim, uma maneira de identifica-lo é medindo a capacidade de cada equipamento ou centro de trabalho e quando a carga de trabalho for maior que sua capacidade eis aí o que se considera restrição;

ii) Busca da restrição para então subordinar todos os demais recursos a ela: É necessário utilizar a restrição visando à meta da empresa, procurando gerar o maior lucro possível, para isso elas devem ser utilizadas em todo seu tempo disponível. Caso a restrição seja uma máquina e não houver meios de diminuir sua carga de trabalho recomenda-se que seja escolhido entre os produtos a serem produzidos aquele que melhor aproveita a restrição; Subordinar o resto à decisão anterior: Depois de se definir o que será feito a respeito das restrições, agora será estabelecido o que fazer com os demais recursos, aqueles não restritivos, dessa forma eles devem ser utilizados na medida exata demandada pela forma empregada de exploração das restrições;

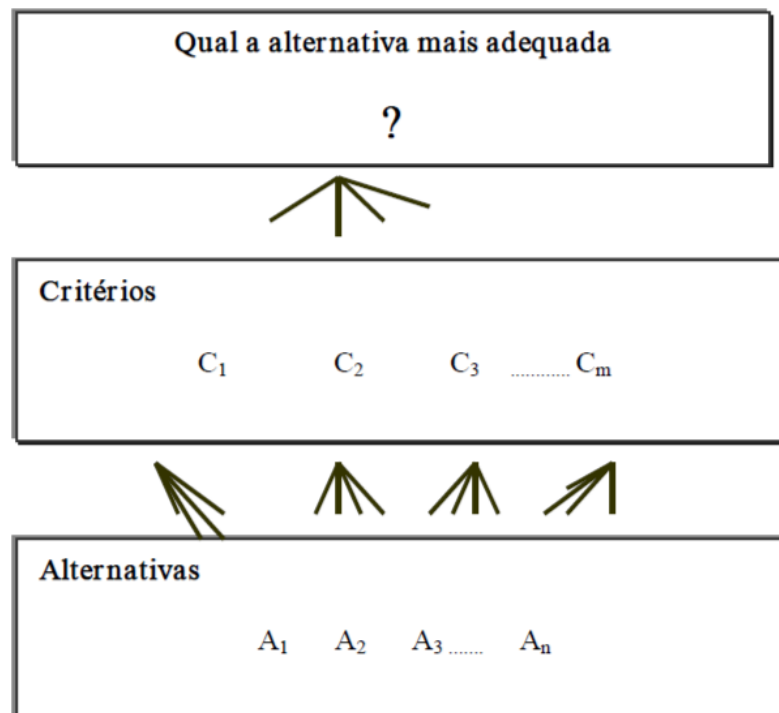
iii) Elevação da capacidade: Uma vez que os passos anteriores definem o ganho máximo da empresa, a única maneira de incrementá-lo seria através da elevando a capacidade da restrição. É comum que isso aconteça através de investimentos que possam aumentar a capacidade do recurso restritivo como compra de novos equipamentos, desenvolvimento de processos e matérias-primas alternativas, aumento da mão-de-obra, etc;

iv) Se, em um passo anterior, uma restrição for eliminada, volte ao primeiro passo, mas não permita que a inércia gerasse uma restrição no sistema.

### 2.3 DECISÃO MULTICRITÉRIO

De acordo com Costa (2004), há diversas disciplinas e metodologias que têm sido desenvolvidas para a construção de modelos de decisão; tais como: árvores de decisão, teoria dos jogos e programação linear. Assim, a mais recente vertente metodológica voltada no conceito de tomada de decisão, se caracteriza por abordar um contexto de solução problemas decisórios voltados à múltiplos critérios. Esses métodos têm sido denominados como Auxílio Multicritério à Decisão (AMD), *Multicriteria Decision Making* (MCDM) e *Multicriteria Decision Aid* (MCDA). (COSTA, 2004). A Figura 5 busca ilustrar essa abordagem.

Figura 5 - Escolha da alternativa mais adequada: abordagem multicritério.



Fonte: Costa (2004)

E dentre as mais conhecidas metodologias encontradas na literatura e que pertencem a disciplina AMD, é citado:

- Método AHP
- Método da Família ELECTRE
- Método PROMETHEE

### 2.3.1 Método AHP

Esse método, foi desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty, na década de 1970, visando facilitar a incorporação de considerações qualitativas e subjetivas dentro de fatores quantitativos para o processo de tomada de decisão. (SILVA et al, 2006).

De acordo com Cheng (2001), o processo metodológico AHP pode facilmente ser incorporado em múltiplas fórmulas de programações objetivas com processo de solução iterativa, e por isso, tem recebido maior alcance em vários campos. Especificamente, o AHP visa atribuir pesos para testar elementos. A ponderação destes elementos tem duas funções principais, a primeira, ajuda a estabelecer prioridades (ranquear) para que os elementos-chave possam ser determinados. E a segunda, o qual pode ser usada para ajudar na identificação de quais elementos chave que podem ser utilizados para se ter melhor precisão nas tomadas de decisões, assim

como a formulação de informações estratégicas de gerenciamento e de investimentos em tecnologia adequadas para as principais práticas comerciais.

Juntamente a isso, Yu (2011) acrescenta o conceito de subjetividade e complexidade, utilizando-se de um processo matemático sofisticado e que realiza, comparações de maneira paritária, para que assim, se consiga chegar em um resultado.

A principal contribuição do AHP é o fato de permitir que decisões práticas sejam tomadas baseadas em entendimento pré-causal sobre sentimentos e julgamentos concernentes ao impacto relativo de uma variável sobre outra. (SAATY, 1994).

Conforme proposto por Saaty (2008), para a geração de prioridades para o problema de decisão, é necessário que este seja decomposto em: 1) Definição do problema; 2) Estruturação da hierarquia de decisão; 3) Construção das matrizes de comparação par a par; e, 4) Utilização das prioridades do nível imediatamente inferior. E assim, possibilita o decisor a uma melhor avaliação e compreensão do problema, facilitando a sua tomada de decisão.

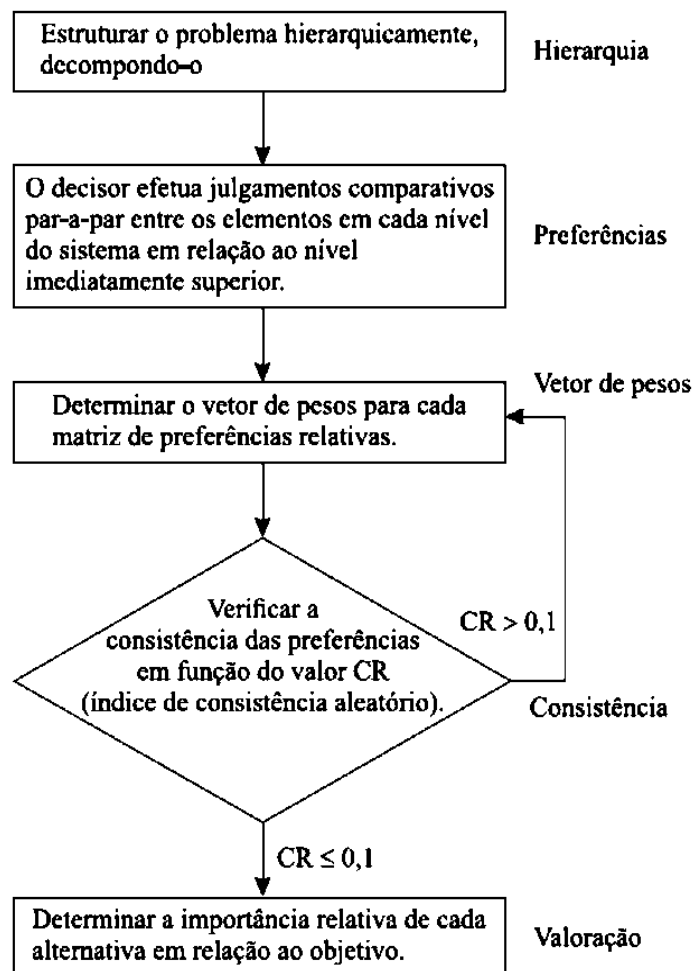
Além disso, Saaty e Vargas (2000) concebem quatro axiomas que regem o método AHP e que servirão para garantir a sua solidez. São estes:

- Axioma 1: Reciprocidade – os elementos comparados par a par pelo decisor devem satisfazer a condição de reciprocidade. Se o elemento A for três vezes mais preferido que B, então, B será 1/3 vezes mais preferido que A. Além de considerar que os elementos pertencentes ao conjunto infinito de alternativas são independentes ou mutuamente excludentes entre si.
- Axioma 2: Homogeneidade – os elementos a serem comparados em um mesmo nível hierárquico, devem ser homogêneos entre si, para que se assegure a consistência das comparações par a par. Assim, os elementos de um mesmo nível, devem possuir a mesma ordem de magnitude;
- Axioma 3: Hierarquia e dependência: cada nível hierárquico sofre dependência externa do nível imediatamente superior e não há dependência interna entre elementos de um nível com respeito a um elemento de nível superior.
- Axioma 4: Expectativas de completude e rank – espera-se que a hierarquia do problema de decisão esteja completa, ou seja, com todos os critérios relativos ao problema representados. Ademais, que o ranking de alternativas depende das expectativas do decisor e da natureza do problema de decisão.

Para exemplificação, a Figura 6 mostra o fluxograma representativo da aplicação do AHP, além de uma escala numérica o qual indica a relação de importância/dominância de um

elemento sobre outro, com relação ao critério ou propriedade de comparação entre eles. E também, a Tabela 1 representa essa escala de valores. (SAATY, 2008).

Figura 6 – Fluxograma de aplicação do AHP



Fonte: Santos; Cruz (2013)

Comumente se utiliza os números ímpares para a comparação e também para que se consiga uma distinção entre os pontos da medição. O uso dos números pares ocorre quando houver a necessidade de negociação entre os avaliadores e quando o consenso natural não for obtido. (SANTOS; CRUZ, 2013).

Tabela 1 – Escala Saaty para comparação

Escala	Avaliação	Recíproco	Comentário
Igualmente preferido	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos
Moderadamente preferido	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre o outro.
Fortemente preferido	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente sobre o outro
Muito fortemente preferido	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado
Extremamente preferido	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2, 4, 6 e 8	1/2; 1/4; 1/6 e 1/8	Quando o consenso não for obtido e houver necessidade de uma negociação

Fonte: Adaptado de Saaty (2005)

Dentro de um sistema de decisões, o nível e a importância devem estar suportados por medidas precisas (possuir concordância entre os valores individuais das medições), exatas (possuir concordância entre o resultado de uma medição e o valor considerado como verdadeiro) e por fim, rastreáveis (propriedade da medição estar relacionada a referenciais estabelecidos através de uma cadeia contínua de comparações).

A não existência de uma estrutura que identifique e gerencie o conjunto de medições do sistema coloca em risco a qualidade das ações (decisões) a serem tomadas a partir delas (COSTA et al., 2008). Para verificar a consistência dos julgamentos é utilizado o Índice de Consistência (IC), que é obtido pela equação (1):

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

O qual  $\lambda_{\text{máx}}$  representa o maior autovalor da matriz de comparações e  $n$  é a ordem

Assim, para que as comparações sejam aceitas, os valores de IC devem ser próximos ou menores que  $IC \leq 0,1$ . Caso contrário, é necessária uma revisão para que seja melhorada a consistência da comparação. (SAATY, 1990).

Segundo Saaty (1991), o uso da Razão da Consistência (RC) permite uma avaliação da inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Para isso, o valor de RC deve ser menor que  $RC < 0,1$  para que possua uma consistência do modelo.

A razão de consistência é calculada por:

$$RC = IC / IR \quad (2)$$

Sendo IR o índice de Consistência da matriz recíproca, gerada randomicamente que varia com a ordem da matriz, conforme a Tabela 2. Assim, quanto mais próximo de zero for esta razão, mais consistente será a matriz.

Tabela 2 – Ordem da Matriz e Índice de consistência (IR)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RJ	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

### 2.3.2 Modelo BOCR (Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos)

De acordo com Saaty e Peniwati (2008), o modelo BOCR é utilizado para realizar a avaliação das alternativas de acordo com fatores específicos envolvidos no problema de decisão. Os méritos BOCR introduzem a noção de prioridades negativas (C e R), além das prioridades positivas (B e O), em relação aos problemas de decisão da vida real. (NASCIMENTO, 2010).

O mérito Benefício (B) se opõe ao Custo (C), enquanto que Oportunidade (O) se opõe ao Risco (R). O Benefício evidencia qual a alternativa mais benéfica e o mérito Oportunidade, qual a alternativa possui o maior potencial de benefícios. O Custo mostra qual alternativa é a mais custosa e o Risco, a alternativa de maior potencial de custos. (SAATY, 2008).



### 3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com o Quadro 1 a classificação desta pesquisa quanto à sua natureza, objetivos/fins, abordagem e procedimentos técnicos se deve:

Quadro 1 - Classificação da Pesquisa

Natureza	Aplicada
Objetivos	Descritiva
Abordagem	Qualitativa
Procedimento técnico	Estudo de caso/modelagem matemática

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013)

Conforme apresentado no Quadro 1, esta pesquisa é classificada à sua natureza como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais. (PRODANOV; FREITAS; 2013).

Agora, quanto aos objetivos, o trabalho é classificado como descritivo registrar e descrever fatos observados sem interferir neles. Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis. (PRODANOV; FREITAS; 2013).

Quanto à abordagem, esta pesquisa é classificada como qualitativa pelo seu caráter exploratório dos dados bibliográficos a serem coletados em plataformas científicas, além de considerar o ambiente é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave.

Em relação aos procedimentos técnicos, este trabalho se dará por meio de um estudo de caso juntamente com a utilização de modelagem matemática. O estudo de caso possui uma metodologia de pesquisa classificada como aplicada, na qual se busca a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas sociais. (BOAVENTURA, 2004). Gil (2008) complementa afirmando que as pesquisas com esse tipo de natureza estão voltadas mais para a aplicação imediata de conhecimentos em uma realidade circunstancial, relevando o desenvolvimento de teorias. Assim, o estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende um método que abrange tudo – com a lógica de planejamento incorporando abordagens específicas à coleta de dados e à análise de dados.

Este trabalho será realizado em uma empresa multinacional do setor automobilístico de grande porte, localizada no estado de São Paulo. O projeto em questão, tem como objetivo entender problemas no fluxo de manutenção de respiradores, para suprir a demanda provocada pela pandemia do Coronavírus e assim, propor uma solução através da utilização do método

AHP. A escolha da empresa foi baseada em alguns motivos, como localidade, exequibilidade e facilidade de acesso aos dados, o que tornou possível comparar e discutir criticamente os resultados desta pesquisa com o caso real da empresa.

Devido ao maior contato direto com a operação e a familiaridade com o assunto, o Supervisor de manutenção que foi responsável pela realização dos julgamentos das matrizes de comparação dos critérios e alternativas. Além disso, o software utilizado para análise e consolidação das informações foi o *Microsoft Office Excel*<sup>®</sup>.

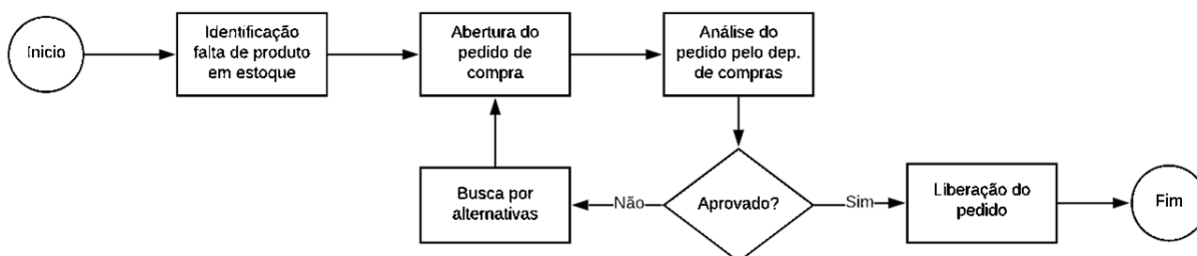
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

O processo de captura de dados para este trabalho foi realizado sob responsabilidade de dois supervisores de manufatura. Além disso, as informações foram organizadas em uma planilha de Excel para que fosse utilizada de maneira compartilhada entre o time organizador da iniciativa de manutenção de respiradores e o time compras. Ademais, o fluxo estabelecido para atualização destas informações foi definido sendo diário, com reuniões ao menos 1 vez na semana, com os gerentes, para estabelecer direcionamentos e validações de informações.

Posteriormente a coleta e disposição das informações, na pasta de trabalho do Excel, foi selecionada a planilha de “requisições de peças e componentes diretos” para análise dos problemas dos gargalos no fluxo de manutenção dos respiradores. Dentro deste processo, foram encontrados 6 tipos de problemas: materiais com alto custo, materiais com dificuldade de compra (fornecedor sem peça de reparo/equipamento descontinuado), atraso de entrega de material, negociação com fornecedores, verificação de compatibilidade entre peças e aparelhos, e por fim, a realização de parcerias técnicas para reparo. O fluxograma deste processo pode ser melhor entendido através da Figura 7.

Figura 7 – Fluxo simplificado de requisição de peças de reparo à manutenção dos respiradores



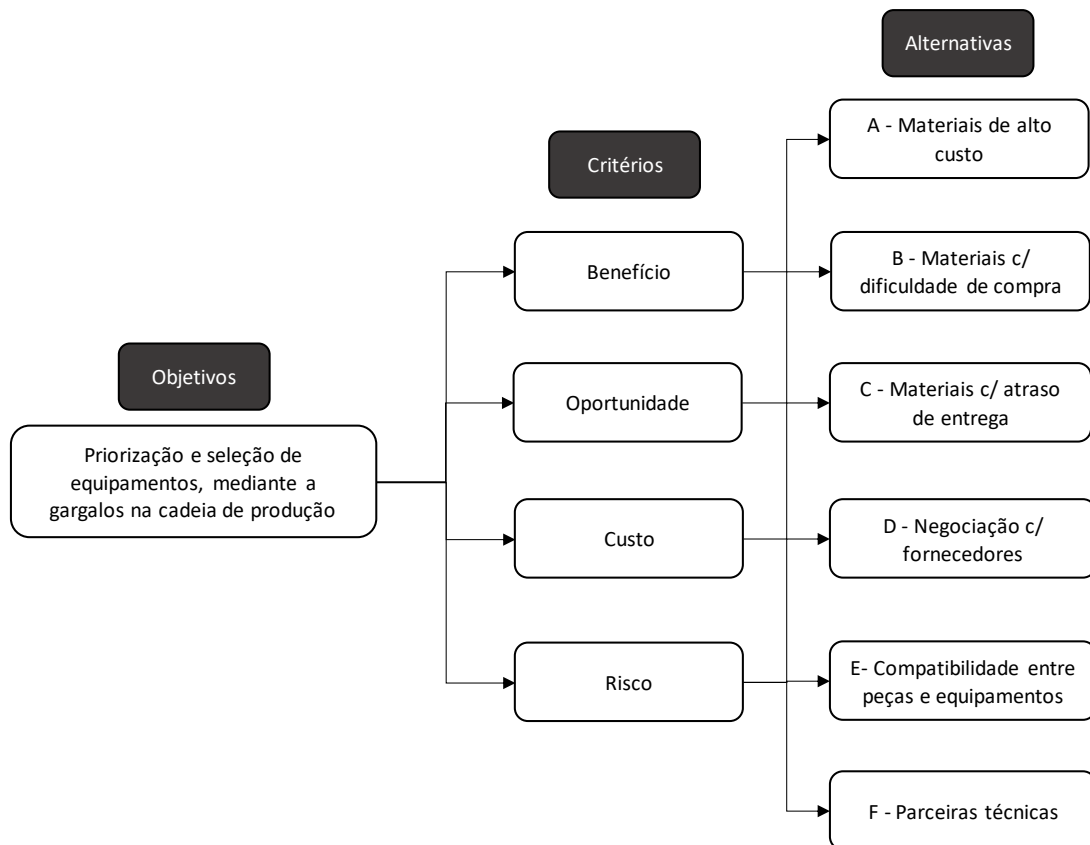
Fonte: próprio autor

Assim, depois da definição das alternativas (gargalos), dentro do processo de requisição das peças, foi realizado a definição de critérios para a tomada de decisão. A escolha dos critérios teve como base a utilização do modelo BOCR, este utilizado para a avaliação das alternativas conforme os julgamentos do supervisor de manutenção e às necessidades do ambiente ao qual se está inserido. Devido ao estado emergencial deste tipo de projeto, foi priorizado os de ganhos sobre os de perdas e curto prazo sobre longo prazo, obtendo-se assim a seguinte ordem de avaliação dos critérios: Benefícios, Custos, Oportunidade e Riscos, sendo Benefícios o de maior importância e Riscos e de menor importância.

## 4.2 MODELAGEM DO MÉTODO AHP

Posteriormente todo levantamento de dados e a disposição dos critérios de seleção, foi estruturada uma hierarquia com Objetivos, Critérios e Alternativas para aplicação do método AHP. Esta, que está representada na Figura 8.

Figura 8 – Estrutura hierárquica do AHP



Fonte: Próprio autor

A seguir serão detalhados os critérios que cada um engloba:

- **Benefício:** evidencia qual a alternativa mais benéfica, trará mais privilégios em curto prazo ao sistema analisado;
- **Oportunidade:** qual a alternativa possui o maior potencial de benefícios no longo prazo;
- **Custo:** indica qual das opções trará a menor perda possível em curto prazo;
- **Risco:** a alternativa de maior potencial de evitar perdas em longo prazo.

Após a definição dos critérios, a partir do modelo BOCR, estes foram dispostos a julgamentos par a par, priorizando os critérios que trarão resultados a curto prazo (Benefícios e

Custos). Desse modo, considerando a linha como prioridade, por exemplo: Linha “B – Benefícios”, comparando-se com o item da segunda coluna “O”, têm-se o valor 3, ou seja, o critério Benefício (ganhos no curto prazo), é levemente preferido em relação a Oportunidades (ganhos no longo prazo). Na Tabela 3 pode-se consultar todos os resultados.

Na coluna de “Auto vetor (V)” foi obtida pela média geométrica de cada linha. Por exemplo, para linha “B – Benefícios”, a média geométrica:  $\sqrt[4]{1 * 3 * 2 * 5} = 2,34$

Na coluna “Auto vetor Normalizado”, foi feita a divisão dos Valores “Auto vetor (V)” pela soma dos auto vetores, como, por exemplo, para “B – Benefícios”, o V-normalizado é  $2,34/5,09 = 0,46$  ou 46%.

Tabela 3 – Matriz de comparação entre critérios

Matriz de critérios	B	O	C	R	Auto vetor (V)	V-Normalizado (Prioridade)
B - Benefícios	1	3	2	5	2,34	46%
O - Oportunidade	1/3	1	1/3	3	0,76	15%
C - Custo	1/2	3	1	5	1,65	32%
R - Risco	1/5	1/3	1/5	1	0,34	7%
Total soma	2,03	7,33	3,53	14,00	5,09	100%

Fonte: Próprio autor

Como apresentado na Tabela 4, foi calculado o autovalor ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ), realizando-se o somatório das multiplicações da coluna do auto vetor normalizado “V-Normalizado” pelo seu valor correspondente na linha “Total soma” que representa o somatório de cada coluna, como no exemplo:  $(2,03*0,46) + (7,33*0,15) + (3,53*0,32) + (14*0,07) \approx 4,11$ .

Em sequência foi obtido o valor do índice de consistência (IR) através da Tabela 2, e também, foi feito o cálculo da Razão de Consistência (RC) para  $N = 4$  critérios.

Tabela 3 – Cálculo de consistência do Método

$\lambda_{m\acute{a}x} = \text{auto valor}$	4,11
$N$	4
$IC = (\lambda_{m\acute{a}x} - N)/(N-1)$	0,04
$IR (N=4)$	0,90
$RC = IC/IR$	0,040 ou 4,0%
$RC$	< 10%

Fonte: Próprio autor

Assim, como o valor de consistência foi 0,04 ou 4%, que é menor que 10%, pode-se considerar as comparações e a matriz de critérios como sendo consistentes.

Em seguida, foi realizado o julgamento, em uma matriz de comparação (Tabela 5), entre os critérios e as alternativas com base na medição absoluta, através do ranqueamento ou *Ratings* (Quadro 2).

Quadro 2 – Níveis de ranqueamento para as alternativas (*Ratings*)

Nível	Descrição	Prioridade
L1	Fraco	40%
L2	Regular	50%
L3	Bom	70%
L4	Muito bom	85%
L5	Excelente	100%

Fonte: Próprio autor

A escolha dos *Ratings* é feita de maneira subjetiva e estabelecida pelo tomador de decisão, e a partir dos valores escolhidos das prioridades de cada nível, é construída a matriz de comparação das alternativas (Tabela 5).

Tabela 5 – Matriz de comparação de alternativas com base nos *Ratings*

Alternativas	B	O	C	R	Prioridade	Posição
A - Materiais alto custo	0,4	0,4	0,7	0,4	50%	6°
B - Materiais c/ dificuldade de compra	0,5	0,7	0,4	0,7	51%	5°
C - Materiais c/ atraso de entrega	0,7	0,7	0,7	0,5	69%	3°
D - Negociação c/ fornecedores	0,7	0,5	0,5	0,85	62%	4°
E - Compatibilidade entre peças e equipamentos	0,85	1	0,85	1	88%	2°
F - Parcerias técnicas	1	0,85	1	0,7	96%	1°

Fonte: Próprio autor

Desse modo, o resultado final é obtido através da multiplicação entre matrizes das linhas de cada alternativa pela coluna do auto vetor normalizado “V-Normalizado”. Ou seja, no

exemplo, “A- Materiais de alto custo”, têm-se:  $(0,4*0,46) + (0,4*0,15) + (0,7*0,32) + (0,4*0,07) \approx 0,50$  ou 50%.

### 4.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para a complementação do método, foi realizado a análise de sensibilidade para os critérios BOCR, para verificar para qual intervalo de valor o peso deste critério interfere na tomada de decisão.

Como prioridade para a empresa, foi selecionado o critério Benefício (obter ganhos no curto prazo) para análise, verificando-se assim o para qual intervalo de valores o peso deste critério interfere na decisão, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Seleção de critério para análise de sensibilidade

	Critérios			
	Benefícios	Oportunidade	Custo	Risco
Pesos	0,459	0,149	0,325	0,067
Alternativas				
A - Materiais alto custo	0,4	0,4	0,7	0,4
B - Materiais c/ dificuldade de compra	0,5	0,7	0,4	0,7
C - Materiais c/ atraso de entrega	0,7	0,7	0,7	0,5
D - Negociação c/ fornecedores	0,7	0,5	0,5	0,85
E - Compatibilidade entre peças e equipamentos	0,85	1	0,85	1
F - Parcerias técnicas	1	0,85	1	0,7

Fonte: Próprio Autor

Na Figura 10, coluna 13, foi adicionado os valores de peso do critério “Benefício” e o ranking final das alternativas, obtidos na matriz da Tabela 5. Na coluna 12, 100% corresponde aos valores das alternativas para o critério em questão. E por fim, na célula D27, foi adicionada a fórmula do Excel (previsão) para o cálculo e posteriormente, aplicada também às outras células.

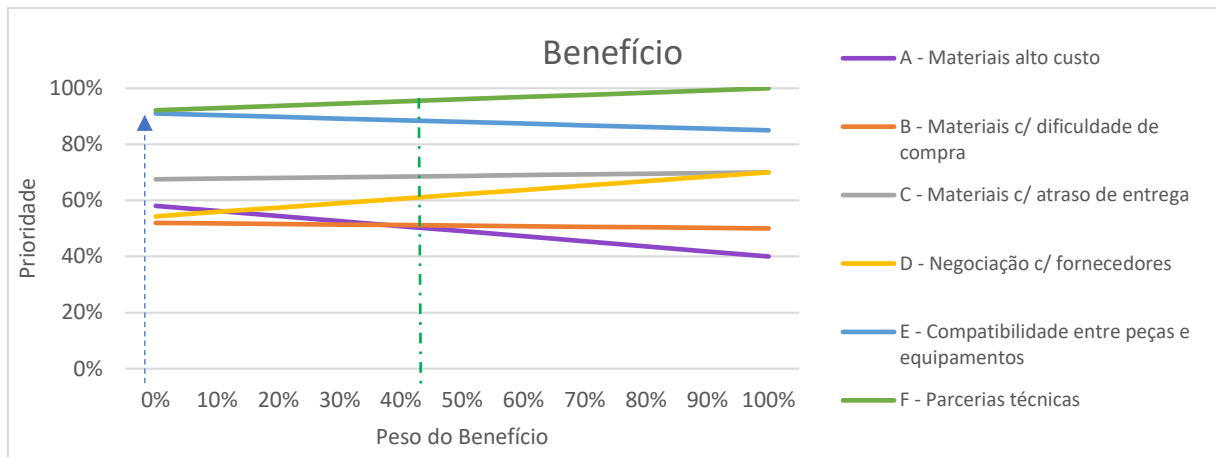
Figura 10 – Análise de sensibilidade (Benefício)

Análise de sensibilidade														
Benefício	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	46%	100%	
A - Materiais alto custo	0,5805	=PREVISÃO(D\$26;\$N27:\$O27;\$N\$26:\$O\$26)					0,4722	0,4541	0,4361	0,4180	0,4	0,4	50%	40%
B - Materiais c/ dificuldade de compra	0,5198	0,5178	0,5158	0,5139	0,5119	0,5099	0,5079	0,5059	0,5040	0,5020	0,5	51%	50%	
C - Materiais c/ atraso de entrega	0,6753	0,6778	0,6802	0,6827	0,6852	0,6876	0,6901	0,6926	0,6951	0,6975	0,7	69%	70%	
D - Negociação c/ fornecedores	0,5430	0,5587	0,5744	0,5901	0,6058	0,6215	0,6372	0,6529	0,6686	0,6843	0,7	62%	70%	
E - Compatibilidade entre peças e equipamentos	0,9100	0,9040	0,8980	0,8920	0,8860	0,8800	0,8740	0,8680	0,8620	0,8560	0,85	88%	85%	
F - Parcerias técnicas	0,9215	0,9294	0,9372	0,9451	0,9529	0,9608	0,9686	0,9765	0,9843	0,9922	1	96%	100%	

Fonte: Próprio Autor

Para o Benefício o peso atual (prioridade) do critério foi de 46% (linha tracejada verde). Conclui-se, por exemplo, que para esse critério, a escolha de “Parcerias técnicas” para o auxílio à manutenção dos respiradores será, em todos os casos, a melhor escolha para tomada de decisão, conforme indicado pela seta vertical tracejada azul demonstrada na Figura 11.

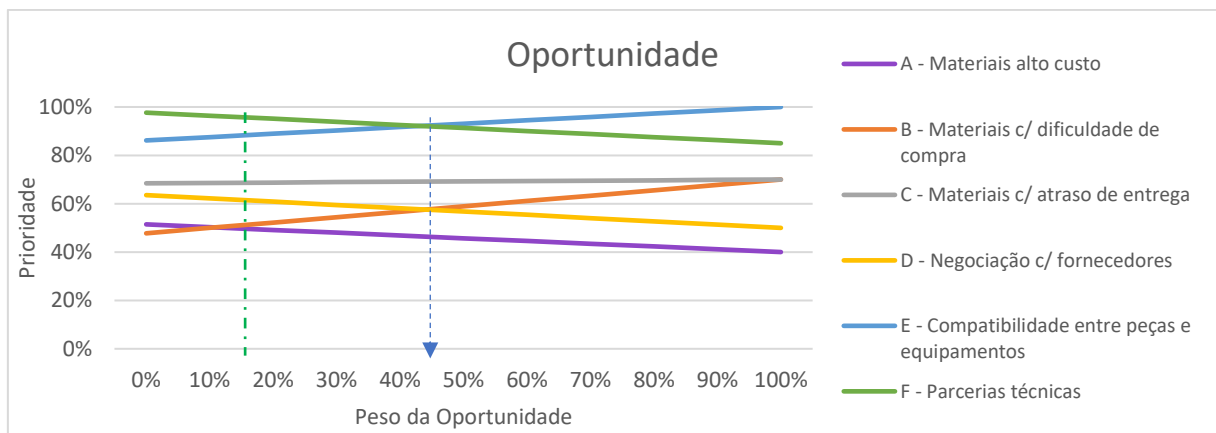
Figura 11 – Gráfico de sensibilidade para o critério Benefício



Fonte: Próprio autor

Já para o Oportunidade (obter ganhos no longo prazo), o peso resultante foi de 15%. Obtendo-se que para esse critério, a escolha da alternativa de “Parcerias técnicas” ocorrerá até próximo dos 45%, conforme a linha vertical no gráfico (Figura 12). Considerando peso acima de 45%, teremos a escolha da alternativa “Compatibilidade entre peças e equipamentos” como prioritária neste caso.

Figura 12 – Gráfico de sensibilidade para o critério Oportunidade



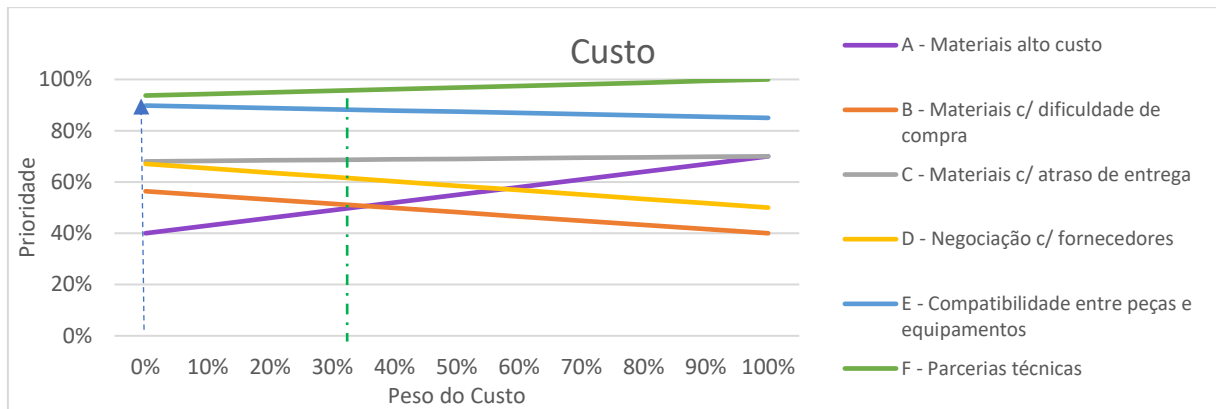
Fonte: Próprio autor

Para o terceiro critério: Custos (evitar perdas no curto prazo), o peso atual do critério foi de 32%. Assim, para este critério temos, por exemplo, que a melhor alternativa “Parcerias



técnicas” sempre será a melhor escolha para tomada de decisão, conforme seta tracejada azul da Figura 13.

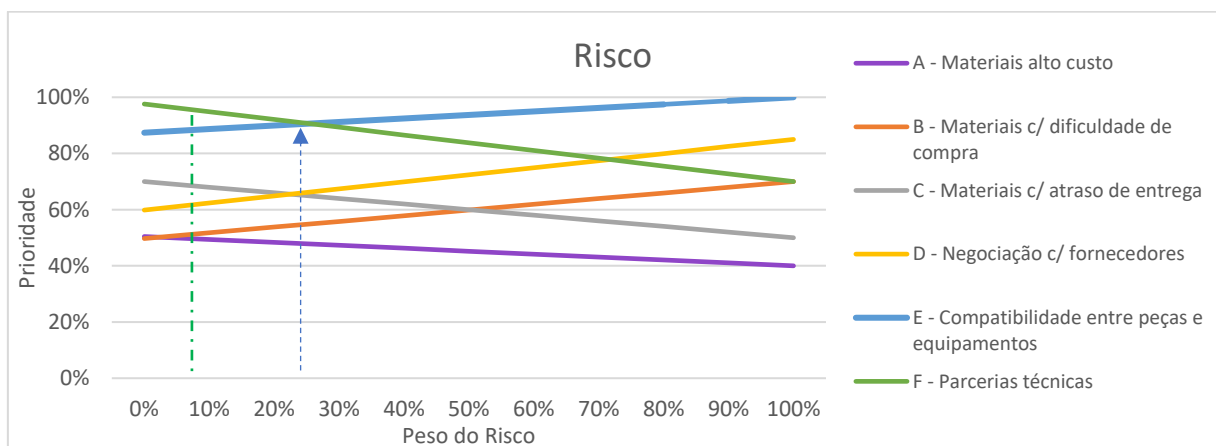
Figura 13 - Gráfico de sensibilidade para o critério Custo



Fonte: Próprio autor

E por fim, conforme na Figura 14, para o critério de Risco (evitar perdas no longo prazo), por ser um critério de longo prazo, obteve um valor de peso de apenas 7% (linha tracejada verde). Conclui-se que neste caso, por exemplo, para o peso até 25%, a melhor seria “Parcerias técnicas” (seta tracejada azul), e para porcentagens superiores até os 100%, a alternativa mais adequada para escolha se torna “Compatibilidade entre peças e equipamentos”.

Figura 14 - Gráfico de sensibilidade para o critério Risco



Fonte: Próprio autor

Essas e demais avaliações entre as alternativas podem ser feitas conforme a necessidade e objetivo do tomador de decisão.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1. VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTA ÀS QUESTÕES DA PESQUISA

Este estudo visou responder duas principais questões de pesquisa, além de cumprir com o objetivo geral da pesquisa: Como realizar uma tomada de decisão mais assertiva na escolha de alternativas, mediante os problemas de priorização de gargalos de manutenção de respiradores, na pandemia COVID-19? Quais benefícios obtidos com a aplicação deste método? O objetivo geral do estudo era avaliar os resultados obtidos com a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) combinado ao BOCR para a priorização e seleção de equipamentos, com base em seus componentes, dentro de uma cadeia de manutenção e comparar com os resultados reais da empresa em questão.

A primeira pergunta foi abordada pelo capítulo 4, que continham todo levantamento de dados, modelagem do método AHP, aplicação e análise de sensibilidade, bem como todos os cálculos realizados e a obtenção do ranqueamento das alternativas.

A segunda pergunta e o objetivo geral do projeto, serão discutidos a seguir.

Para este projeto, a aplicação do método AHP foi feita utilizando-se os mesmos critérios e alternativas do caso estudado, mas apresentando formas distintas para análise e obtenção dos resultados. De acordo com a Tabela 6, pode-se ver que o ranqueamento obtido na aplicação do AHP e o obtido pela empresa foi exatamente o mesmo, mediante o problema em questão.

O benefício a ser observado ao se aplicar o método AHP é a possibilidade de incorporar diversos critérios para a análise, além de possibilitar a aplicação em diversos contextos em que pode ser inserido. Enquanto que na empresa estudada, a tomada de decisão foi realizada com base em experiências passadas do time, ou seja, um histórico de um processo que se assemelhasse ao ocorrido, a aplicação do método trouxe uma análise e um resultado concreto com base nos critérios e alternativas dispostos pelo tomador de decisão. Mesmo assim, o resultado foi o mesmo em ambas as situações, obtendo-se a realização de parcerias técnicas como a melhor alternativa para escolha. Isso pode ter ocorrido devido ao fato do supervisor de manutenção, que foi um dos responsáveis pelo projeto na empresa, ser o mesmo que julgou as matrizes de comparação do AHP.

Tabela 6 – Comparação entre resultados reais da empresa e do método AHP

<b>Posição no ranking</b>	<b>Caso da empresa: Benefícios</b>	<b>Resultado do AHP</b>
1º lugar	F - Parcerias técnicas	F - Parcerias técnicas
2º lugar	E - Compatibilidade entre peças e equipamentos	E - Compatibilidade entre peças e equipamentos
3º lugar	C - Materiais c/ atraso de entrega	C - Materiais c/ atraso de entrega
4º lugar	D - Negociação c/ fornecedores	D - Negociação c/ fornecedores
5º lugar	B - Materiais c/ dificuldade de compra	B - Materiais c/ dificuldade de compra
6º lugar	A - Materiais alto custo	A - Materiais alto custo

Fonte: Próprio autor

Devido ao processo de tomada de decisão da empresa se basear em históricos e fatores empíricos anteriores, a não verificação da consistência dos valores pôde ser identificada. Diferentemente do método AHP, o qual essa etapa é obrigatória e que garante assim, a qualidade de decisões a serem tomadas.

Pode-se considerar como os fatores críticos da aplicação do método os julgamentos. Por influenciarem diretamente nos resultados do *ranking* final, a pessoa a qual será escolhida para julgar os critérios deve ter pleno conhecimento do processo a ser analisado, pois ela será a responsável por expressar, em números, a importância de cada cenário. Caso contrário, os resultados do ranqueamento poderão refletir distorções e inverdades.

No método AHP é possível se aplicar uma análise de sensibilidade dos critérios escolhidos, possibilitando uma análise mais crítica e visual dos intervalos de valores que influenciam no ranqueamento final.

Dentre os benefícios da aplicação do método AHP, pode-se destacar:

- Aplicabilidade do método em diversos contextos de problemas que envolvam tomada de decisão;
- A importância do envolvimento de um especialista no processo de julgamento dos critérios, para o auxílio na obtenção de resultados assertivos;
- Capacidade de análise multicritério na tomada de decisão;
- A possibilidade de decompor o problema macro em comparações par a par, que facilitam o julgamento e a obtenção da melhor alternativa;
- Permitir a verificação da consistência dos julgamentos;

- Possibilitar a análise de sensibilidade dos critérios.

Este trabalho teve como objetivo apresentar a aplicação do método AHP e também seus benefícios. Mesmo que tenha sido aplicado a um problema específico, essa pesquisa mostrou os passos a serem seguidos, desde a escolha e modelagem do método até a montagem da planilha de análise de sensibilidade dos critérios. E também, com a proposta de servir como base de apoio à tomada de decisão em futuros problemas gerais ou emergenciais, tal qual o deste projeto em questão, a pandemia COVID-19.

## 5.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuras pesquisas, a ideia seria de aplicação do método AHP para outro problema de seleção, porém utilizando-se mais de um julgador das matrizes, assim, após a consolidação dos dados, obter-se-iam resultados mais neutros, imparciais e menos dependentes de uma única opinião.

## REFERÊNCIAS

AMARO, E. **Covid-19: uma reflexão sobre o momento que vivemos**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.anahp.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Artigo-Covid-EDUARDO-AMARO-1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2020.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da Pesquisa: monografia, dissertação e tese**. São Paulo: Atlas, 2004. 160 p.

CHENG, E. W. L.; LI, H. Information priority-setting for better resource allocation using analytic hierarchy process (AHP). **Information Management & Computer Security**. Hong Kong, v. 9, ed. 2, p. 61-70, 2001. Disponível em: [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09685220110388827/full/html?casa\\_token=bW9jyMHzxI-AAAAAA:hOoKXM1Nf9gICw0AX272bPE0R0YRIIRwnUradyk6c61T5K1Mze3-Y8bf2R0sDZ3CHKr9qC-fPVnwdzCrHeAaV\\_t85J-hZgPt3B2CRudDbFwBKRHbeihAYA](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09685220110388827/full/html?casa_token=bW9jyMHzxI-AAAAAA:hOoKXM1Nf9gICw0AX272bPE0R0YRIIRwnUradyk6c61T5K1Mze3-Y8bf2R0sDZ3CHKr9qC-fPVnwdzCrHeAaV_t85J-hZgPt3B2CRudDbFwBKRHbeihAYA). Acesso em: 04 jun. 2020.

CNI. **Manutenção de respiradores: SENAI e FCA reforçam parceria para acelerar entregas**. Agência CNI de Notícias. 2020. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/manutencao-de-respiradores-senai-e-fca-reforcaram-parceria-para-acelerar-entregas/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 36., 2004. **Anais [...]**. São João Del-Rei, MG, 2004. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.

COSTA, J. F. S.; RODRIGUES, M. M.; FELIPE, A. P. M. Utilização do método de análise hierárquica (AHP) para escolha de interface telefônica: a integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_074\\_525\\_10732.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_074_525_10732.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

EHRlich, Pierre Jacques. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 376 p.

FRANCO, M. M, Aplicação do método AHP como apoio a tomada de decisão na aquisição de um robô industrial. XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019. São Paulo. **Anais [...]**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337607582\\_Aplicacao\\_do\\_metodo\\_AHP\\_como\\_apoio\\_a\\_tomada\\_de\\_decisao\\_na\\_aquisicao\\_de\\_um\\_robo\\_industrial](https://www.researchgate.net/publication/337607582_Aplicacao_do_metodo_AHP_como_apoio_a_tomada_de_decisao_na_aquisicao_de_um_robo_industrial). Acesso: 03 jun. 2020.

GASQUES, M. V. **Máscaras faciais descartáveis e respiradores: os fabricantes de carros ajudam a combater o coronavírus**. Disponível em: <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2020/03/fabricantes-de-carros-entram-em-esforco-de-guerra-contra-o-coronavirus.html>. Acesso em: 18 ago. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**: Um processo de aprimoramento contínuo. 2 ed. São Paulo: Educator, 2002. 385 p.

GUPTA, M. C.; BOYD, L. H. Theory of Constraints: a theory for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, Louisville, v. 28, n. 10, p. 991-1012, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mahesh-Gupta-9/publication/228336989\\_Theory\\_of\\_constraints\\_A\\_theory\\_for\\_operations\\_management/links/0c960522b0d0060e8d000000/Theory-of-constraints-A-theory-for-operations-management.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mahesh-Gupta-9/publication/228336989_Theory_of_constraints_A_theory_for_operations_management/links/0c960522b0d0060e8d000000/Theory-of-constraints-A-theory-for-operations-management.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

ISTOÉ. **SUS corre risco de colapso**. A veloz expansão do coronavírus exige ação rápida e eficaz do poder público e da rede privada, ameaçando hospitais com superlotação e deve sobrecarregar os leitos disponíveis. 2020. Disponível em: <https://istoe.com.br/sus-corre-risco-de-colapso/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

MIZUNO, D. **Aplicação do método Analytic Hierarchy Process para seleção de uma ferramenta de gestão de projetos**. Orientador: Valério Pamplona Salomon. 2017. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 617 p.

NASCIMENTO, L. P. A. S. **Aplicação do método AHP com as abordagens "ratings" e BOCR: o projeto F-X2**. Tese de mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

PERALES, W. Classificações dos sistemas de produção. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Natal, 2001. **Anais [...]**. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001\\_TR111\\_0830.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR111_0830.pdf). Acesso em: 22 ago. 2020.

PESSOA, P. F. A. de. **Gestão agroindustrial**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2003.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 296 p.

REIS, A. C. Identificação dos gargalos na produção de bijuterias na Baixada Fluminense. **Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional**, v. 11, n. 1, p. 88-102, 2015. Taubaté, SP. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/download/1610/429>. Acesso: 02 jun. 2020

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Makrom Books, 1991. 367 p.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25061950?seq=1>. Acesso em: 05 jun. 2020.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n.1, p. 83-98, 2008. Disponível em: <https://www.inderscience-online.com/doi/abs/10.1504/IJSSci.2008.01759>. Acesso em: 05 jun. 2020.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process**, 1. ed. Kluwer Academic Publishers. Nova Iorque, 2001. 346 p.

SAATY, T. L.; PENIWATI, P. **Group decision making: Drawing ou and Reconciling Differences**. Pittsburgh: RWS Publications, 2008. 385 p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996. 380 p.

SILVA, J. T. M.; CABRERA, P. A. L.; TEIXEIRA, L. A. Aplicação do método de análise hierárquica no processo de tomada de decisão: um estudo com o empreendedor agrícola da região de Divino/MG. **Revista gestão e planejamento**, Salvador, n. 14, 2006. p. 19-30. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/222/226>. Acesso em: 05 jun. 2020.

TESINI, B. L. Coronavírus e Síndromes respiratórias agudas (COVID-19, MERS e SARS). **Manual MSD**, 2020. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/infec%C3%A7%C3%B5es/v%C3%ADrus-respirat%C3%B3rios/coronav%C3%ADrus-es%C3%ADndromes-respirat%C3%B3rias-agudas-covid-19,-mers-e-sars>. Acesso: 08 jun. 2020

TRAMARICO, C. *et al.* Analytic hierarchy process and supply chain management: a bibliometric study. **Procedia Computer Science**, Guaratinguetá, v. 55, p. 441-450, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915014805>. Acesso em: 08 jun. 2020.

TRAMARICO, C.; *et al.* Modelagem com AHP e BOCR para a seleção de prestadores de serviços logísticos. **Pesquisa operacional para o desenvolvimento**, Guaratinguetá, v. 4, n. 2, p. 139-159, 2012. Disponível em: <https://podesenvolvimento.org.br/podesenvolvimento/article/view/99>. Acesso em: 03 jun. 2020

VENTURA, D. F. L. Desafios da pandemia de COVID-19: por uma agenda brasileira de pesquisa em saúde global e sustentabilidade. **Cadernos da saúde pública**. São Paulo, v. 36, n. 4, 2020. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/csp/2020.v36n4/e00040620/pt>. Acesso em: 05 jun. 2020.

VIANA, J. C.; ALENCAR, L. H. Metodologias para seleção de fornecedores: uma revisão de literatura. **Produção**. Recife, v. 22, n. 4, p. 625-636, 2012. Disponível em: <https://www.prod.org.br/doi/10.1590/S0103-65132012005000067>. Acesso em: 05 jun 2020.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H. e GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. **Journal of Operations Management**, v. 25, ed. 2, p. 387-402, 2007. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696306000337?casa\\_token=CdSaSSQN60gAAAAA:wr1o5nFt-krwD4D5JT0bgBxLmq5J2XW\\_cTlpGutX-x-U62iFVPSA3jqPftjvbrqNu45F1AKpsYxuT](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696306000337?casa_token=CdSaSSQN60gAAAAA:wr1o5nFt-krwD4D5JT0bgBxLmq5J2XW_cTlpGutX-x-U62iFVPSA3jqPftjvbrqNu45F1AKpsYxuT). Acesso em: 03 jun. 2020.

WIJNMALEN, D, J, D. Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP–ANP: A critical validation. **Mathematical and computer modelling**, v. 46, ed. 7–8, p. 892-905, 2007. Haia, Holanda. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717707000994>. Acesso em: 03 jun. 2020.