



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



Verônica do Pilar Ribeiro

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE APOIO À DECISÃO
PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE VIDRO EM UMA EMPRESA DE
ESQUADRIAS**

PASSO FUNDO

2024

Verônica do Pilar Ribeiro

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE APOIO À
DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE VIDRO EM
UMA EMPRESA DE ESQUADRIAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose,
Doutor.

Passo Fundo

2024

Verônica do Pilar Ribeiro

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE APOIO À
DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE VIDRO EM
UMA EMPRESA DE ESQUADRIAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose,
Doutor.

Aprovado em: 09 de dezembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Anderson Hoose, Doutor
Universidade de Passo Fundo

Juliana Kurek, Doutora
Universidade de Passo Fundo

**Passo Fundo
2024**

RESUMO

Na cadeia de suprimentos, se tratando do contexto de uma empresa de esquadrias de alumínio, o vidro é um importante decisor da sofisticação final do produto e real satisfação do cliente, pois determina a qualidade acústica e climática dependendo de sua composição. Logo, obter a melhor decisão de compra vai impactar diretamente no lucro final obtido por obra realizada. Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo aplicar os métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e DEA (*Data Envelopment Analysis*), para otimizar o processo de seleção de fornecedores de vidros em uma empresa de esquadrias de alumínio. As etapas do estudo foram segmentadas em: levantamento de dados pelos setores de engenharia e compras, análise dos critérios estabelecidos, sendo: preço, qualidade, entrega, relacionamento, prazo e organização; aplicação dos dados tabulados. Foram propostas as avaliações em 2 tipos de vidros, temperado e laminado. Seguindo a técnica AHP, os critérios foram distribuídos e comparados dentre si, obtendo-se a porcentagem de importância de cada um dos critérios, determinando o fornecedor F03 como o mais indicado para os vidros laminados e F04 mais indicado para vidros temperados. Com o uso do site da SAGEPE, foi aplicada a técnica DEA, considerando como *input* o preço e os demais critérios como *outputs*. Para a análise, foi avaliado apenas o sistema de CRS, considerando *benchmarks* internos, e orientado ao modelo *output*. Para os vidros laminados, os fornecedores mais indicados são os F05 e F06. Com a aplicação das técnicas AHP e DEA, obteve-se que, ambos se complementam. Pode-se proporcionar a equipe de compras novas técnicas para a tomada de decisão, onde o AHP auxilia no dia-a-dia em negociações abrangendo as obras, e a DEA na avaliação da cartela de fornecedores para possíveis substituições ou *feedbacks*, visando um melhor relacionamento e parceria entre as empresas.

Palavras-chaves: DEA. AHP. Seleção de fornecedores.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP *Analytic Hierarchy Process*

BCC Banker, Charnes e Cooper

CRS *Constant Returns to Scale*

CCR Charnes, Cooper e Rhodes

DEA *Data Envelopment Analysis*

DMU *Decision Making Units*

VRS *Variable returns to scale*

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA 1 – ESTRUTURAÇÃO DE MODELO HIERÁRQUICO AHP	19
---	----

LISTA DE TABELAS:

TABELA 1 – ESCALA DE RELATIVA IMPORTÂNCIA DE SAATY	19
TABELA 2 – EXEMPLO DE CRITÉRIOS.....	20
TABELA 3 – EXEMPLO DE CÁLCULO DO AUTO VETOR.....	21
TABELA 4 – EXEMPLO DE CÁLCULO DO AUTO VETOR NORMALIZADO.	21
TABELA 5 – FÓRMULAS IC E RC, EXEMPLO.....	21
TABELA 6 – TABELA DE ÍNDICE RANDÔMICO.....	21
TABELA 7 – ESCALA DE MEDIDAS DOS CRITÉRIOS.....	29
TABELA 8 – DISTRIBUIÇÃO DE PESOS.....	30
TABELA 9 –DEFINIÇÃO DOS DMU’S.....	30
TABELA 10 – ESCALA DE PESOS DOS CRITÉRIOS.....	33
TABELA 11 – PARTICIPAÇÃO DOS FORNECEDORES EM CADA CRITÉRIO PARA LAMINADO 4+4.	33
TABELA 12 – PARTICIPAÇÃO DOS FORNECEDORES EM CADA CRITÉRIO PARA TEMPERADO 8MM.....	34
TABELA 13 – RESULTADO DOS FORNECEDORES PELO AHP.	34
TABELA 14 – RESULTADO DEA LAMINADO 4+4.	35
TABELA 15 – RESULTADO DEA TEMPERADO 8MM.....	36

Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	5
LISTA DE FIGURAS:	6
LISTA DE TABELAS:	7
SUMÁRIO.....	8
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1.2 PROBLEMA.....	11
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	12
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	13
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	14
2.2 SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES	15
2.3 TÉCNICA AHP.....	16
2.4 TÉCNICA DEA.....	20
3 MÉTODO DO TRABALHO	23
3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	23
3.1.1 <i>Cenário atual</i>	23
3.1.2 <i>Apresentação da empresa</i>	23
3.1.3 <i>Metodologia atual</i>	24
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	24
3.2.1 <i>Identificação do problema</i>	24
3.2.2 <i>Caracterização de decisores</i>	24
3.2.3 <i>Coleta de dados</i>	25
3.2.4 <i>Definição de alternativas</i>	26
3.2.5 <i>Definição de Critérios</i>	26
3.2.6 <i>Avaliação quantitativa dos fornecedores</i>	27

3.2.7	<i>Aplicação dos critérios na técnica AHP</i>	28
3.2.8	<i>Aplicação do DEA</i>	28
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.1	RESULTADOS DA TÉCNICA MULTICRITÉRIO AHP	30
4.2	RESULTADOS DA TÉCNICA MULTICRITÉRIO DEA	32
4.3	COMPARAÇÕES DENTRE AS DUAS TÉCNICAS	33
4.4	APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS NA EMPRESA	34
4.5	SUGESTÕES PARA MELHORIA DOS PROCESSOS NA EMPRESA	35
5	CONCLUSÃO	36
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO	36
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	36
	REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, será apresentado o início do estudo, sendo abordado os objetivos, geral e específico, a justificativa perante ao contexto do trabalho, e o problema que originou a necessidade de otimização.

1.1 Considerações Iniciais

Na cadeia de suprimentos de uma empresa, a seleção e avaliação dos fornecedores se caracteriza como uma das atividades mais importantes presentes na gestão (Cheng, Lin e Huang, 2006). Se tratando do contexto de uma empresa de esquadrias de alumínio, o vidro é um importante decisor da sofisticação final do produto e real satisfação do cliente (Pires *et al.*, 2018), o mesmo determina a qualidade acústica e climática dependendo de sua composição. Como resultado, é óbvio que os procedimentos de tomada de decisão são essenciais para a seleção de fornecedores com base em critérios claros. Devido a critérios que variam de acordo com as características de cada empresa, escolher fornecedores ainda é um processo difícil (Monczka *et al.*, 2019). Assim, para encontrar a melhor opção, os dois métodos foram escolhidos para compará-los e avaliar suas vantagens e desvantagens no trabalho a seguir.

Saaty (1980) criou o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que é uma forma de tomar decisões com vários critérios. Utiliza a hierarquização dos critérios e alternativas com base na normalização desses critérios. Análise Envoltória de Dados (DEA), desenvolvida por Charnes Cooper e Rhodes (1978), usa uma técnica com vários *inputs* e *outputs*.

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe-se a utilizar da combinação desses dois métodos, AHP e DEA, para a determinação de escolha dos fornecedores de vidro em uma empresa de esquadrias. A integração dos mesmos, visa apresentar uma abordagem abrangente e objetiva para avaliar os fornecedores, considerando por exemplo, sua qualidade, custo, prazo de entrega, dentre outros.

1.2 Problema

No Brasil, o setor de construção juntamente com o de esquadrias vem se mostrando promissor, impulsionado pelo mercado imobiliário e pelas novas soluções construtivas mais sustentáveis (Silva *et al.*, 2020). Outrossim, além das oportunidades de expansão apresenta grandes desafios, como a necessidade de aprimoramento da qualidade dos materiais das esquadrias incluindo vidros.

Neste segmento, há uma lacuna de estudos que abordem a relação entre o processo de decisão de fornecedores, e o desempenho da produção, levando em consideração a integração das técnicas *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A questão pode estar relacionada ao departamento de compras geralmente priorizar critérios como preço e qualidade, deixando de lado aspectos como relacionamento, prazos, (Zhang & Liu, 2008), e demais fatores complexos como aspectos técnicos, confiabilidade, e até questões econômicas, variações cambiais, e cenários políticos, podem influenciar significativamente a disponibilidade e os preços dos insumos, impactando diretamente na tomada de decisão (Christopher, 2016).

Diante deste cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: **Como integrar as técnicas AHP e DEA para otimizar o processo de seleção dos fornecedores de vidro de uma empresa de esquadrias de alumínio?**

A questão apresentada busca compreender a integração das duas técnicas, AHP e DEA, para a contribuição de uma seleção mais criteriosa, considerando não apenas aspectos econômicos, mas também demais aspectos que contribuam na melhor escolha para cada situação. Ao identificar e quantificar esses aspectos, a empresa pode tomar as decisões baseadas no que foi pré-estabelecido como aspecto decisivo padrão.

1.3 Justificativas

O problema na seleção de fornecedores de vidro em uma empresa de esquadrias de alumínio, tem importância uma vez que, uma compra bem realizada determina parte dos lucros e a qualidade do produto final, conseqüentemente gerando a satisfação do cliente. Uma seleção inadequada dos fornecedores de quaisquer insumos, podem resultar em má qualidade, atrasos de entrega e custos adicionais, afetando negativamente a reputação da empresa e sua competitividade (Pires *et al.*, 2018).

Outrossim, a otimização de escolha de um fornecedor independente de qual seja seu produto integrante no processo produtivo, possibilita maximizar os lucros da empresa. Escolher o fornecedor mais adequado, proporciona um produto final de qualidade enquadrado a um preço competitivo, abrindo caminhos para redução de custos de produção e maior eficiência operacional, resultando na maior margem de lucro e posicionamento forte de mercado.

No contexto brasileiro, onde as empresas enfrentam diversos desafios econômicos e fiscais, a seleção correta de fornecedores é ainda mais crítica. No segmento de esquadrias é necessário lidar com as flutuações nos custos de matéria-prima, variações cambiais e instabilidade política, o que transforma a gestão de fornecedores em uma tarefa complexa e desafiadora (Silva *et al.*, 2020).

Além disso, o avanço tecnológico e a globalização, exigem que as empresas adquiram métodos mais sofisticados de tomada de decisão baseada em dados. A integração das técnicas AHP e DEA, oferecem um olhar sistemático e robusto para avaliar o sistema de compras quando se trata da escolha dos fornecedores, levando em consideração uma variedade de critérios e variáveis relevantes (Zhang e Liu, 2008; Kahraman *et al.*, 2004).

Portanto, levanta-se justificativa ao problema, pela sua importância para a economia, comunidade empresarial e o avanço do conhecimento na Engenharia de produção. Ao sugerir a solução do problema não só a empresa em estudo se beneficiará, mas também quaisquer empresas de esquadrias, impulsionando o setor como um todo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral:

Aplicar duas técnicas para um sistema de suporte à decisão, para o setor de compras de uma empresa de esquadrias de alumínio, com o propósito de aprimorar a seleção de fornecedores de vidro e maximizar os resultados financeiros, através de uma boa gestão do fluxo de suprimentos.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- a) Realizar uma revisão da literatura existente sobre técnicas de apoio à tomada de decisão relacionadas à escolha de fornecedores com base em critérios pré-estabelecidos;
- b) Capacitar o setor de compras da empresa de esquadrias de alumínio para as técnicas e fornecer assistência na tomada de decisão;
- c) Comparar os resultados de duas técnicas de apoio à decisão e observar como eles funcionam na seleção de fornecedores de vidro e como isso afeta os resultados da empresa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este segmento apresenta os conceitos dos autores de referência para este estudo, bem como as metodologias de análise multicritério que foram utilizadas para identificação das melhores alternativas. A literatura aborda a análise envoltória de dados (DEA) e o processo de hierarquia analítica (AHP).

2.1 Análise multicritério

A análise multicritério para apoio à decisão é um conjunto de métodos destinados a resolver problemas em que diferentes alternativas são avaliadas com base em vários critérios, geralmente divergentes. Para selecionar ou ordenar um subconjunto de opções de um conjunto finito, essas abordagens de superação são frequentemente usadas. Essas técnicas de superação também são conhecidas como síntese, sobreclassificação, prevalência e subordinação (Almeida & Costa, 2003; Gomes *et al.*, 2002).

Em todas as suas operações, as empresas devem se basear em padrões de avaliação corporativos uniformes. Isso ajudará os fornecedores a determinar suas necessidades e prioridades no mercado (Motwani *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2000). Pode-se usar classificação e avaliação de habilidades qualitativas ou quantitativas para avaliar e selecionar fornecedores. Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003) organizam esses critérios com base na reputação dos fornecedores, desempenho de produtos, desempenho de serviços e desempenho relacionado a custos.

Xavier (2013) afirma que os requisitos para escolher fornecedores podem ser obrigatórios ou opcionais. As propostas dos fornecedores devem ser avaliadas a partir dos padrões já pré-definidos, primeiramente eliminando quaisquer não condizentes com os parâmetros. Ao escolher os critérios para avaliar as alternativas, é importante identificar quem é capaz de diferenciá-las. O autor explica que existem "objetivos múltiplos e conflitantes" se o objetivo for escolher fornecedores com a melhor qualidade e menor preço possível.

2.2 Seleção e avaliação de fornecedores

A avaliação e a escolha de fornecedores diferem. Os provedores externos são classificados por sua adequação, capacidade de atender às demandas e qualidade dos produtos ou serviços. A escolha é uma escolha coesa que escolhe um fornecedor específico para uma compra ou serviço. Embora os critérios de avaliação possam variar, é fundamental que as empresas adotem padrões corporativos uniformes para estabelecer uma marca distinta no mercado de fornecedores, enfatizando suas necessidades e prioridades (Motwani *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2000).

Uma estratégia para sobreviver uma organização é a avaliação de desempenho (Miranda; Silva, 2002). Isso ocorre quando não é possível medir, controlar, gerenciar ou melhorar. Para evitar desperdício de tempo e dinheiro, um sistema de retorno de informações é essencial.

Como afirmado por Handfield *et al.* (2000), o desenvolvimento de fornecedores inclui ações realizadas pelo comprador para melhorar o desempenho e a capacidade do fornecedor de atender às necessidades de suprimentos. A avaliação de operações, treinamento, concorrência entre fornecedores e incentivos à melhoria são exemplos disso.

O local onde o valor é criado na cadeia de suprimentos, a posição estratégica do comprador e a implementação de uma estratégia integrada de gestão da cadeia de suprimentos são necessários para alcançar melhorias contínuas no desempenho. Os indicadores gerados pela avaliação de desempenho são usados para classificar fornecedores, acompanhar os resultados e apresentar essas informações aos fornecedores para melhorias (Moura, 2009). A empresa compradora deve comunicar as medidas e objetivos aos fornecedores para alinhar seu desempenho com as expectativas. Também deve determinar se a base de fornecimento atende às necessidades atuais e futuras (Prahinski; Benton, 2004). Sem medições e comunicação eficazes, as iniciativas de melhoria e a coordenação intraorganizacional são ineficazes.

2.3 Técnica AHP

A técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi criada por Tomas L. Saaty, por volta da década de 70, é uma técnica de análise multicritério baseado em matemática, consideravelmente conhecido dentre os métodos de tomada de decisão, foi desenvolvida com o objetivo de auxiliar no planejamento empresarial, resolução de conflitos e demais ocasiões em que a multiplicidade está presente (Schmidt, 1995).

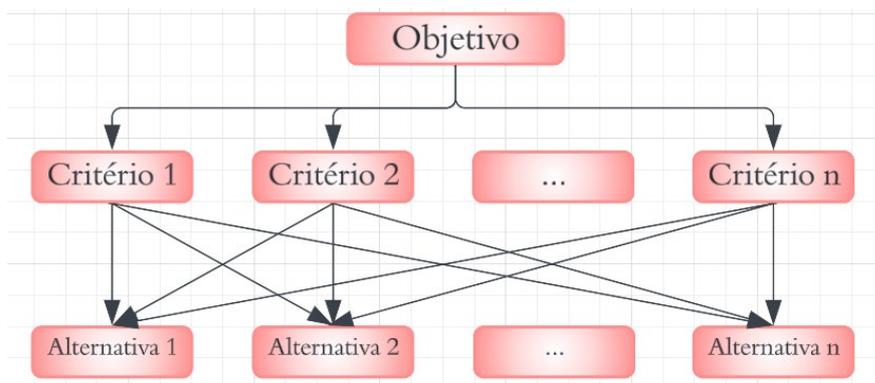
Segundo Saaty (1991), a técnica AHP consiste na decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho. Para o autor, a teoria reflete o método natural de funcionamento da mente humana, isto é, diante de um grande número de elementos a mente os agrega em grupos seguindo propriedades comuns.

A técnica AHP, conforme Saaty (1980), permite a atribuição de pesos relativos para os critérios estabelecidos e permite comparação pareada entre os atributos simultâneos, permitindo que, mesmo que os critérios não tenham relação entre si, ainda assim a mais relevante seja reconhecida no critério de decisão.

Há nesse processo, vantagens e desvantagens, segundo c, o benefício da técnica é que, como os valores dos julgamentos são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

O processo decisório é representado por uma hierarquia de vários níveis. A técnica AHP é aplicada em três etapas distintas. Primeiramente, ocorre a estruturação do problema em níveis hierárquicos, onde o primeiro nível abrange os objetivos, o segundo nível engloba os critérios, o terceiro nível consiste nos possíveis subcritérios, e o último nível refere-se às alternativas disponíveis (Santos e Viagi, 2009). A Figura 1 apresenta a estrutura hierárquica básica da técnica AHP.

Figura 1 – Estruturação de modelo hierárquico AHP



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Saaty (1991).

Os elementos mais específicos e o objetivo estão presentes no primeiro nível. Os atributos de avaliação são encontrados no segundo nível. O núcleo da estrutura é formado pelas alternativas, que estão posicionadas após o último nível de atributos. Esta configuração permite que os decisores identifiquem cada parte de um problema de decisão complexo por meio de comparações par a par com base nos dados fornecidos pelo usuário.

A segunda etapa é compreendida pela avaliação da importância de cada critério, a escala proposta por Saaty (2005), é a mais amplamente utilizada, atribuindo valores de 1 a 9, a mesma compara cada critério com todos os outros, avaliando sua prioridade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de relativa importância de Saaty

<i>Escala</i>	<i>Avaliação numérica</i>	<i>Recíproco</i>
Extremamente preferido	9	1/9
Muito fortemente preferido	7	1/7
Fortemente preferido	5	1/5
Moderadamente preferido	3	1/3
Igualmente preferido	1	1
Valores intermediários	2,4,6,8	

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Saaty (2005).

Para garantir que os pontos de medição sejam claramente diferenciados, a tabela normalmente contém números ímpares. Quando houver necessidade de negociação entre

os avaliadores e o consenso natural não for alcançado, os números pares devem ser usados, exigindo a definição de um ponto médio como solução negociada (Saaty, 1980).

Normalmente, usam-se os números ímpares para as comparações, porém os números pares podem ser utilizados como critério quando não há consenso dentre os avaliadores, como uma espécie de ponto médio (Saaty, 1980). O exemplo da matriz com os pesos, está representado na Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de critérios

	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>
<i>C1</i>	1	3	1/5
<i>C2</i>	1/3	1	1/7
<i>C3</i>	5	7	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A verificação matemática dos pesos é a terceira etapa após a determinação das prioridades. Saaty (1991) afirma que para que uma matriz positiva recíproca seja consistente, seu autovalor máximo deve ser igual a n . As comparações paritárias $n-1$ são necessárias em uma matriz consistente porque as comparações paritárias restantes podem ser logicamente deduzidas. A ordem de prioridade é determinada pelo autovetor, enquanto o autovalor avalia a consistência dos julgamentos. O método de análise hierárquica busca o autovalor máximo, λ_{max} . Este valor pode ser encontrado multiplicando a matriz de julgamentos A pelo vetor coluna de prioridades computado w e depois dividindo o novo vetor resultante, Aw , pelo vetor original w . O auto vetor pode ser encontrado através da média geométrica dos valores dos critérios, representado na Equação (1), a seguir.

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 a_2 \cdots a_n}. \quad (1)$$

As Tabelas 3 e 4 ilustram o exemplo de cálculo do auto vetor e também do auto vetor normalizado, respectivamente.

Tabela 3 – Exemplo de cálculo do auto vetor

	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>Auto Vetor</i>
<i>C1</i>	1	3	1/3	0,84
<i>C2</i>	1/3	1	1/7	0,36
<i>C3</i>	5	7	1	3,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4 – Exemplo de cálculo do auto vetor normalizado

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Auto Vetor</i>	<i>Auto vetor normalizado</i>
<i>A</i>	1	3	1/5	0,84	19%
<i>B</i>	1/3	1	1/7	0,36	8%
<i>C</i>	5	7	1	3,27	73%
Soma	6,33	11	1,34	4,48	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo do índice de consistência, conforme Saaty (2005), é dado pela equação (IC) presente na Tabela 5, onde n representa o número de critérios avaliados. Visando adequação desse valor, o autor propõe a equação de taxa de consistência (CR), determinada pela razão entre o valor do índice de consistência e o índice randômico proposto por Saaty (1991), na Tabela 6.

Tabela 5 – Fórmulas IC e RC, exemplo.

<i>Lambda-max</i>	$\lambda\text{-max}$	$(\sum \text{Critérios}) * (\sum \text{Vetor normalizado})$	3,06489
Índice de coerência	IC	$(\lambda\text{-max} - n)/(n-1)$	0,03244
Razão de coerência	RC	Índice de coerência/Índice randômico	2,62%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 – Tabela de índice randômico

<i>N</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
IR	0	0	0,58	0,9	0,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1991).

Quando a técnica AHP é empregada, é aceitável uma inconsistência de até 10%, segundo Saaty (1991), os valores médios são denominados de Índice Aleatório (RI) ou Consistência Aleatória (CA).

A técnica AHP é essencial para a tomada de decisão multicritério, uma vez que, estrutura complexos problemas em uma hierarquia de critérios, ajudando na distribuição lógica, utilizado na análise de riscos, planejamento estratégico e seleção de projetos (Saaty, 1991).

2.4 Técnica DEA

Uma técnica de Avaliação Multicritério de Decisão (MCDA) caracterizada como não paramétrica, o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) usa programação linear. O objetivo principal do DEA é avaliar o desempenho de alternativas em situações em que é difícil comparar uma grande quantidade de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). De acordo com Ishizaka e Nemery (2013), a metodologia de *benchmarking* fornece valores de eficiência que demonstram a capacidade de melhorar as entradas ou saídas. Portanto, é uma ferramenta essencial para a tomada de decisão.

O DEA usa métricas de eficiência para avaliar as alternativas (Ferreira e Gomes, 2009). A eficiência relacionada à produtividade pode ser determinada com base na razão entre produção (*output*) e insumos (*input*). A eficiência relativa aumenta com a produção por unidade de insumo (Seiford e Zhu, 1999).

Os dois modelos principais da DEA são o modelo de retorno constante de escala (CCR), também conhecido como CRS (Charnes, Cooper e Rhodes), e o modelo de retorno variável de escala (BCC), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*). O modelo (CCR), criado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), afirma que tanto os *inputs* quanto os *outputs* aumentam proporcionalmente.

O modelo BCC, criado por Banker, Charnes e Cooper (1984), enfatiza o fato de que as alterações nos *outputs* são inversamente proporcionais às alterações nos *inputs*. Para maximizar os resultados, ambos os modelos podem tentar diminuir os *inputs*. O objetivo do estudo, que é aumentar a produção ou regularizar a utilização dos insumos, afeta a

escolha entre essas orientações (Ferreira e Gomes, 2009). De acordo com Ishizaka e Nemery (2013), a orientação escolhida geralmente não tem grande impacto no valor.

As vantagens do DEA incluem a capacidade de tratar vários produtos e insumos simultaneamente, a falta de necessidade de suposições específicas sobre esses produtos e insumos, a possibilidade de obter um único escore de desempenho relativo às outras unidades do grupo e a capacidade de distinguir entre unidades eficientes e ineficientes.

A sensibilidade a *outliers*, o fato de que um grande número de variáveis pode resultar em uma maior proporção de unidades eficientes devido à ponderação excessiva de um insumo ou produto específico, e a "regra de ouro" de Banker *et al.* (1984), de que a quantidade mínima de alternativas (DMUs) deve ser maior que três vezes o total de *inputs* e *outputs*.

Além disso, as DMUs não são classificadas pelos modelos convencionais de DEA; portanto, para aumentar a discriminação, podem ser necessárias técnicas adicionais, como análise de super-eficiência e avaliação cruzada (Drew, Kortt e Dollery, 2015).

De acordo com Lins e Meza (2000), a implementação do DEA envolve três etapas principais. Primeiro, é necessário identificar as DMUs a serem examinadas (por exemplo, municípios, hospitais, empresas, etc.), determinar as variáveis de produto e insumo e aplicar os modelos DEA. A capacidade de usar vários *inputs* e *outputs* sem tornar a análise muito complexa, proporcionando resultados fáceis de entender é a principal vantagem deste método.

O escore de eficiência de cada DMU pode ser encontrado usando modelagem de dados DEA. Em seguida, as unidades podem ser comparadas em relação ao padrão encontrado. O DEA é considerado um método empírico que supera as limitações dos métodos tradicionais de medir a eficiência. Ele pode ser usado para avaliar a eficiência de várias empresas, tanto públicas quanto privadas, como escolas, universidades, hospitais, prisões, aeroportos e instituições culturais (Mukokoma e Dijk, 2013).

Por fim, o DEA avalia a eficiência total das DMUs comparando os *outputs* gerados a partir dos *inputs* utilizados. O DEA destaca as unidades mais e menos eficientes (Marinho, 2003). A eficiência técnica do modelo VRS é avaliada em grupos de unidades organizacionais de escala semelhante, enquanto a eficiência total do modelo CRS inclui tanto a eficiência técnica pura quanto a eficiência de escala (Almeida e Mariano, 2006). A

orientação do modelo DEA pode ser direcionada a inputs ou outputs, dependendo do objetivo do estudo.

3 MÉTODO DO TRABALHO

No presente segmento, será apresentado o início da aplicação do estudo, o contexto atual da empresa, o levantamento de dados, a definição de critérios, a pesquisa realizada, a fundamentação e a aplicação dos mesmos nos cálculos.

3.1 Descrição do objeto de estudo

3.1.1 Cenário atual

Com a necessidade de redução de custos e aprimoramento da qualidade do produto final, surge a necessidade de identificar os mais eficientes fornecedores. Assim, a avaliação de fornecedores se configura como um desafio decisivo, envolvendo a análise de diversos critérios para compará-los entre si. Este estudo abrange um problema de decisão multicritério, sendo fundamental para garantir a excelência na cadeia de suprimentos na empresa.

3.1.2 Apresentação da empresa

A seguinte análise foi realizada em uma empresa de esquadrias de alumínio e PVC, localizada no norte do Rio Grande do Sul, que atua no mercado desde 2018. Opera com uma produção de alto padrão sob demanda, e critérios rigorosos de qualidade. Atualmente, conta com 54 funcionários dentre colaboradores e terceiros. Os setores de compras, logística e PCP possuem dez funcionários, envolvidos diretamente com os pedidos de compra, sendo apenas dois responsáveis pela negociação de materiais e acessórios.

No momento da realização do trabalho, a empresa contava com uma filial em Santa Catarina que atende a obras de todo o litoral, exigindo assim a evolução do padrão para atender o alto nível da região.

3.1.3 Metodologia atual

Quando se iniciou o estudo, não havia uma metodologia pré-estabelecida pela empresa. O método utilizado pelos negociadores, consistia em levantamento de orçamentos dos fornecedores, comparando apenas visualmente prazo e preço, e buscando via software os valores das últimas compras.

3.2 Procedimento metodológico

No presente trabalho, a metodologia aplicada foi fundamentada em etapas que caracterizam o estudo de análise de multicritério, implementando através dos dados um modelo de decisão para seleção de fornecedores, personalizado à empresa.

As etapas foram segmentadas em: levantamento de dados pelos setores de engenharia e compras; análise dos critérios estabelecidos; aplicação desses dados nas duas técnicas escolhidas para análise;

3.2.1 Identificação do problema

A empresa em estudo, não detinha de um método científico para a tomada de decisão, sendo assim, com a expansão da mesma, busca-se o aperfeiçoamento dos processos internos para que a qualidade exigida pelo setor de construção civil do litoral fosse atendida. Logo, a identificação de critérios essenciais para a qualidade foi discutida e levantada pelo setor de compras e qualidade.

3.2.2 Caracterização de decisores

O processo de tomada de decisão dos fornecedores cabia ao gestor do setor de compras, que está cursando Engenharia de Produção, com base nas necessidades do setor

de qualidade. Além desses, foram consultados também, o gestor da engenharia com formação de Engenharia Civil e o gestor de logística.

3.2.3 Coleta de dados

Uma pesquisa foi aplicada para os principais detentores de opinião na decisão no processo de compras. A pesquisa foi realizada pelo site Jotform, sendo um questionário de satisfação perante cada ponto apresentado, exceto preço e prazo pois esses critérios já são pré-definidos pelos próprios fornecedores. O questionário não foi divulgado no trabalho, pois nomeia os fornecedores diretamente, o mesmo foi aplicado apenas internamente na empresa e aos seguintes colaboradores:

- a) Os dois compradores: influência e contato direto no dia-a-dia com os fornecedores em todos os critérios;
- b) A gestora da equipe de engenharia: responsável pelos orçamentos, e obras, decisão importante na qualidade oferecida, e detentora dos *feedbacks* de pós-venda, também no relacionamento ao ter contato direto em projetos;
- c) O gestor da equipe de logística: uma vez que lidera a equipe responsável por conferência e descarregamento das peças, lida diretamente com a organização dos romaneios, assiduidade das entregas e relacionamento dos entregadores;

Os critérios de preço foram levantados diretamente nas tabelas dos fornecedores, sendo separados os itens de maior relevância para a empresa, nos seguintes modelos:

- a) Vidros laminados: a junção de dois vidros comuns unidos por um PVB (*polivinil butiral*), que compõem um vidro de alta segurança uma vez que não se estilhaça. Os vidros desse modelo, mais comprados pela empresa são: o refletivo prata, refletivo *champagne* e incolor. Uma média dos 3 valores foi feita para o estudo;
- b) Vidros temperados: vidro comum que passa por um processo de têmpera em determinada temperatura em forno, deixando-o com alta resistência contra impactos, os mais comprados pela empresa são: o incolor e fumê. Uma média dos valores dos dois foi feita para o estudo;

3.2.4 Definição de alternativas

Para este estudo, havia necessidade de identificar apenas os fornecedores que atendam às necessidades mínimas para o fornecimento e já tenham relação com a empresa. Pela representatividade financeira e por sua importância na qualidade, foram selecionados 6 fornecedores de vidro, sendo 3 deles de Santa Catarina e 3 localizados no Rio Grande do Sul, sendo apenas 1 deles na região norte do estado.

3.2.5 Definição de Critérios

Com o objetivo de garantir um alto grau de efetividade na obtenção de dados, foram concordadas, além das bibliografias, avaliar também os seguintes critérios para o estudo em questão:

- a) Preço: comumente, os fornecedores trabalham com uma tabela pré-estabelecida personalizada ao cliente, ainda assim, há o aproveitamento de chapas da matéria prima, ou demais descontos por quantidade ou modelo, podem vir a surgir quando um pedido é feito. Logo o preço é sempre variável em cada lote de vidros que será adquirido, levando o preço a ser um item primordial negociável no ato, assim, quanto menor o preço melhor;
- b) Qualidade: os vidros devem atender às normas estabelecidas ao padrão de qualidade, e a empresa fornecedora deve apresentar laudos certificados, além de atender a quaisquer problemas provindos no futuro, quanto maior a qualidade, melhor pontuação terá a empresa;
- c) Entregas: esse critério se caracteriza pela frequência de entrega e cumprimento de prazos. Todas as empresas possuem frota própria, e rotas semanais, sendo fundamental que as empresas indiquem a data correta de entrega. As empresas que possuem mais rotas, tem melhor desempenho, neste caso quanto maior a acurácia nas entregas melhor;

- d) **Relacionamento:** este item é fundamental, uma vez que, a negociação depende de um bom relacionamento do vendedor com o comprador. Essa relação propõe a ambos a flexibilidade de ajustes de preço ou entrega, o que em casos de obras críticas e urgentes irá determinar a satisfação do cliente final, assim, quanto maior o relacionamento melhor;
- e) **Prazo:** ou condições de pagamento, em meio ao cenário da empresa, são oferecidos prazos de pagamento ao cliente, há um fluxo de caixa extremamente flutuante, o que força ao setor de compras levar em consideração quando um fornecedor oferece prazos maiores de negociação. Neste contexto, devido ao cenário atual, quanto maior o prazo melhor;
- f) **Organização:** esse critério corresponde à romaneios de entrega bem elaborados e explicativos entregues em e-mail ou juntamente da nota fiscal, entregadores dispostos ao descarregamento, avisos de possíveis alterações com antecedência, e orçamentos técnicos, neste caso, quanto mais organizado o fornecedor melhor.

3.2.6 Avaliação quantitativa dos fornecedores

Para a avaliação quantitativa dos fornecedores foi criada uma escala para cada critério os quais estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Escala de medidas dos critérios

<i>Critérios</i>	<i>Equivalência</i>	<i>Escala</i>
Preço	0 a 1000	Média em escala das tabelas
Qualidade	0 a 10	0 = baixíssima qualidade 10 = excelência em qualidade
Entregas	0 a 100	0% = baixíssima acuracidade 100% = alta acuracidade
Relacionamento	0 a 100	0 = baixíssima qualidade 100 = excelência em qualidade
Prazo	1 a 5	1 = apenas a vista 5 = vezes faturado

Organização	0 a 100	0 = totalmente desorganizado 100 = organização impecável
-------------	---------	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.7 Aplicação dos critérios na técnica AHP

Seguindo o modelo proposto por Saaty (1991), os critérios foram distribuídos e comparados dentre si, assim distribuindo-se pesos para cada, apresentados na Tabela 8, e levando em consideração os resultados do questionário.

Tabela 8 – Distribuição dos pesos

	<i>Preço</i>	<i>Qualidade</i>	<i>Entregas</i>	<i>Relacionamento</i>	<i>Prazo</i>	<i>Organização</i>
Preço	1	3	1	3	5	3
Qualidade	1/3	1	1/3	3	5	1/3
Entregas	1	3	1	3	3	3
Relacionamento	1/3	1/3	1/3	1	3	1
Prazo	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/3
Organização	1/3	3	1/3	1	3	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pesos passaram pela verificação de consistência máxima de 7,34%, não ultrapassando os 10% limitantes, logo os valores propostos estão em conformidade com o modelo utilizado de Saaty (1991).

3.2.8 Aplicação do DEA

A aplicação da técnica DEA construiu-se da seguinte forma, primeiramente foram utilizados os dados dos critérios estabelecidos na técnica AHP, definindo em ordem os fornecedores e seus respectivos DMU's, conforme Tabela 9:

Tabela 9 – Definição dos DMU's

<i>Vidro Laminado 4mm+4mm</i>		<i>Vidro Temperado 8mm</i>	
Fornecedor	DMU	Fornecedor	DMU
F01	1	F01	1
F02	2	F03	2

F03	3	F04	3
F04	4	F05	4
F05	5	F06	5
F06	6	F02	Não aplicável

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo os mesmos, montou-se as tabelas em forma padrão e definiram-se os *inputs* e *outputs*, levando em conta os critérios de *inputs* como minimizadores e *outputs* maximizadores. Considerou-se o preço como único valor de entrada e os demais critérios como valores de saída. Não sendo necessário harmonizações dos dados, o próximo passo detém do cálculo dos dados, que no presente trabalho utilizou-se do Software Web SAGEPE®.

Pelo SAGEPE, pode-se inserir os dados e extrair os resultados de eficiência nas quatro categorias: orientado a *input* pelo modelo VRS; orientado a *input* pelo modelo CRS; orientado a *output* pelo modelo VRS; e orientado a *output* pelo modelo CRS;

Obtiveram-se resultados analisáveis apenas pelo modelo CRS, o qual caracteriza-se por uma análise de *Benchmarking* externa. Assim, com os resultados comparou-se a eficiência com as folgas, ou então as melhorias de cada fornecedor.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente segmento, serão apresentados os resultados obtidos através do estudo realizado, os valores encontrados, as comparações dos métodos, e as devolutivas do setor de aplicação, concluindo assim o trabalho.

4.1 Resultados da técnica multicritério AHP

Com base na Tabela 8 e a aplicação da técnica AHP apresentada na revisão bibliográfica de Saaty, pode-se calcular o valor de razão de coerência, verificando a confiabilidade dos dados e assim, obtendo-se a porcentagem de importância de cada um dos critérios, sendo o de maior peso agregado o preço, justificável pela cultura da empresa em maximizar os lucros através de compras com melhor margem. A escala de prioridade está representada na Tabela 10.

Tabela 10 – Escala de pesos dos critérios

<i>Critério</i>	<i>Importância</i>
Preço	31,10%
Entregas	28,56%
Organização	13,73%
Qualidade	12,45%
Relacionamento	9,52%
Prazo	4,64%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após os dados passarem por harmonização e normalização, os resultados obtidos em porcentagem demonstram onde cada fornecedor se destaca, presente na Tabela 11, por exemplo, o fornecedor F01 detém da melhor porcentagem de preço, porém na organização o mesmo está presente em quarto lugar apenas, já os fornecedores F05 e F06 detém dos melhores índices de organização e qualidade, mas ao mesmo tempo seus preços são os menos atrativos.

Tabela 11 – Participação dos fornecedores em cada critério para Laminado 4+4

<i>Laminado 4+4</i>	<i>Preço</i>	<i>Qualidade</i>	<i>Entregas</i>	<i>Relacionamento</i>	<i>Prazo</i>	<i>Organização</i>
F01	19,14%	16,00%	15,80%	19,15%	14,81%	16,02%
F02	17,09%	16,00%	16,67%	18,15%	18,52%	14,37%
F03	18,61%	16,00%	16,49%	17,74%	18,52%	17,66%
F04	16,23%	16,00%	17,19%	14,72%	14,81%	14,99%
F05	14,39%	18,00%	17,01%	14,11%	18,52%	18,69%
F06	14,53%	18,00%	16,84%	16,13%	14,81%	18,28%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os resultados do vidro temperado 8mm, representados na Tabela 12, perceba-se que os fornecedores F04 e F05 detêm dos melhores preços, porém um tendo a pior organização e o outro a melhor respectivamente, já ambos têm os piores relacionamentos.

Tabela 12 – Participação dos fornecedores em cada critério para temperado 8mm

<i>Temperado 8mm</i>	<i>Preço</i>	<i>Qualidade</i>	<i>Entregas</i>	<i>Relacionamento</i>	<i>Prazo</i>	<i>Organização</i>
F01	19,95%	19,05%	19%	23,40%	18,18%	18,71%
F03	19,78%	19,05%	20%	21,67%	22,73%	20,62%
F04	20,51%	19,05%	21%	17,98%	18,18%	17,51%
F05	20,03%	21,43%	20%	17,24%	22,73%	21,82%
F06	19,72%	21,43%	20%	19,70%	18,18%	21,34%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir disso, os resultados obtidos pela técnica AHP, estão apresentados na Tabela 13, onde observa-se que para vidros do tipo laminado 4+4 o fornecedor mais indicado é o F03, e temperados 8mm, o melhor fornecedor obtido é o F05, uma vez que o primeiro detém de melhor preço e fica mediano nos demais critérios, já o segundo, detém do segundo melhor preço e melhor organização.

Tabela 13 – Resultado dos fornecedores pelo AHP

<i>Fornecedor</i>	<i>Laminado 4+4</i>	<i>Temperado 8</i>
-------------------	---------------------	--------------------

F01	17,17%	19,63%
F02	16,63%	X
F03	17,46%	20,12%
F04	16,10%	19,60%
F05	16,35%	20,42%
F06	16,30%	20,22%

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Resultados da técnica multicritério DEA

Aplicando os dados levantados no subcapítulo 3.2.3, no site da SAGEPE, obtiveram-se os resultados do DEA. Para a análise, foi avaliado apenas o sistema de CRS voltado o *output*, afins de obter uma avaliação adequada dos dados.

Na Tabela 14 a seguir, representada pelo tipo de vidro laminado 4+4, observam-se os seguintes aspectos:

- Os fornecedores F05 e F06, tiveram a eficiência 1, logo, são considerados os melhores, porém, são também os com preço mais elevado;
- O fornecedor F03 deteve da pior eficiência dentre todos, contraponto, ao mesmo tempo não é o que precisará das maiores melhorias, uma vez que, é mediano em seus valores de *outputs*;
- O fornecedor F04, é o que precisa aprimorar três dos cinco critérios, mesmo não tendo a pior eficiência, com necessidade de melhorias na organização, qualidade e entregas, igualmente foi apontado na pesquisa realizada para os pesos do AHP;
- O fornecedor F02 precisa aprimorar o relacionamento e o prazo.

Tabela 14 – Resultado DEA Laminado 4+4

Output CRS	Laminado 4+4	Eficiência			Folgas = Maximizar			
		DMU	Eff.Padrão	Preço	Relacionamento	Prazo	Organização	Qualidade
F01	1	0,901	0	0,0210	0,0470	0,0806	0,0771	0,0639
F02	2	0,990	0	0,0019	0,0020	0,0731	0,0522	0,0325

F03	3	0,895	0	0,0209	0,0218	0,0601	0,0713	0,0523
F04	4	0,899	0	0,0164	0,0515	0,0594	0,0426	0,0192
F05	5	1	0	0	0	0	0	0
F06	6	1	0	0	0	0	0	0
Média = 0,947	Desvio Padrão = 0,0538		Input	Output	Output	Output	Output	Output

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 15 apresentam-se os resultados do tipo de vidro Temperado 8mm, o mesmo demonstrou todos com eficiência máxima em exceto o fornecedor F04, que apresenta necessidade de melhorias nos cinco critérios.

Tabela 15 – Resultado DEA Temperado 8mm

<i>Output CRS</i>	<i>Temperado 8mm</i>	<i>Eficiência</i>	<i>Folgas = Maximizar</i>					
Fornecedor	DMU	Eff..Padrão	Preço	Relacionamento	Prazo	Organização	Qualidade	Entregas
F01	1	1	0	0	0	0	0	0
F03	2	1	0	0	0	0	0	0
F04	3	0,981	0	0,0206	0,0059	0,0402	0,0272	0,0033
F05	4	1	0	0	0	0	0	0
F06	5	1	0	0	0	0	0	0
Média = 0,996	Desvio Padrão = 0,00833		Input	Output	Output	Output	Output	Output

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se analisar exatamente os pontos de melhoria de cada um dos fornecedores, os resultados da análise dão a liberdade de uma consulta minuciosa nos detalhes de cada um deles.

4.3 Comparações dentre as duas técnicas

Os resultados obtidos pelo AHP apresentam o tipo laminado 4+4 o fornecedor mais indicado é o F03 e para o DEA o F05 e F06, e temperados 8mm, o melhor fornecedor obtido é o F05 no AHP, e no DEA F01, F03, F05, F06.

Tendo em vista os resultados, e levando em consideração que no modelo AHP, são estabelecidos inicialmente os pesos para cada item, neste estudo, o critério de preço detém do maior peso no momento de decisão de uma compra, logo, ao aplicar a técnica, a maior relevância será os fornecedores com menor preço. O fornecedor F03 no tipo laminado 4+4 tem o segundo menor preço, outrossim possui boas notas nos demais critérios, assim, o AHP o identificou como sendo o melhor.

Na técnica DEA, os dois fornecedores no tipo laminado 4+4, representam os maiores valores de preço, porém suas notas nos demais critérios prevalecem perante os demais, logo são escolhidos como melhores. Percebe-se que na técnica DEA ocorre a determinação de uma fronteira de eficiência, neste sentido esta técnica sempre escolherá no mínimo duas alternativas como sendo as mais eficientes.

Ao aplicar o AHP, tem-se o resultado da melhor escolha a partir da decisão customizada pelas preferências estabelecidas pela empresa, logo, consiste em um ótimo auxílio nas negociações, comparando-se os orçamentos de todos os fornecedores, a técnica determinará a melhor escolha, de forma prática e rápida, apenas modificando os valores de preço.

No DEA, pode-se observar os pontos de melhorias dos fornecedores, por exemplo, o F04 na Tabela 14, tem a pior organização, qualidade e entrega, logo, é sugerível ao time de compras, que alerte e converse com o fornecedor, possibilitando um melhor alinhamento melhor e apresente como *feedback* os pontos para melhoria. Igualmente, ao F02 na Tabela 14, que detém do pior relacionamento, não significa que o mesmo seja ruim, mas sim que é necessário identificar seus pontos de melhoria.

Assim, o DEA poderá ser utilizado em situações de análise, tanto para novos fornecedores que tem potencial para entrar na carteira da empresa, ou para reavaliação dos atuais fornecedores. Considera-se que o AHP pode ser utilizado diariamente em todas as negociações de compra.

4.4 Aplicação das técnicas na empresa

Considerando o estudo realizado, foi elaborado um treinamento com os integrantes da equipe de compras, mostrando a utilização das tabelas e os seus cálculos, também

possibilitando a edição para outras situações de decisão que vierem a ser de necessidade de análise, tanto quanto para os demais insumos adquiridos pela empresa, como acessórios e perfis de alumínio e PVC.

O treinamento foi realizado da seguinte forma: os conceitos de cada método foram explicados; os cálculos realizados demonstrando-se as fórmulas, assim como a metodologia da coleta de dados; foram explicados o passo a passo de como atualizar os dados e como utilizar as técnicas diariamente, apenas substituindo os valores; por fim a interpretação dos dados nas tabelas.

A equipe de compras aplicou a metodologia em sua rotina diária. A planilha da técnica AHP foi arranjada para todos os orçamentos com valores superiores a dez mil reais, assim os cálculos ajudaram os compradores a justificar suas escolhas perante o diretor aprovador.

Juntamente, foi criada uma planilha de monitoramento contínuo, com dados de data de compra, fornecedor, data prevista de entrega, data real de entrega, se ocorreu atraso, e pontuação da organização, para a atualização constante dos valores dos critérios estabelecidos nos dois métodos.

Também, foi realizado o trabalho de *feedback* com os fornecedores, foram levantados os pontos observados de melhoria requerida para cada um. Por exemplo: o fornecedor F04 que tinha como defeitos os critérios de organização, qualidade e entrega, alinhou com a equipe de compras uma nova rota de entregas e novos romaneios mais explicativos e práticos; com o critério qualidade, comprometeu-se em oferecer melhores serviços de pós-vendas.

4.5 Sugestões para melhoria dos processos na empresa

Para a melhoria contínua dos processos na empresa em estudo, sugere-se que a cada novo possível fornecedor entrante de carteira, seja realizado o processo de comparação com os demais e ao passar nas entregas seja avaliado com o DEA a sua eficácia. Também, outros métodos de apoio a decisão podem trazer contribuições para os indicadores do setor como *Electre Tri* e *Smart*, e para planos de ação o 5W2H.

5 CONCLUSÃO

5.1 Conclusões do trabalho

A tomada de decisão na seleção de fornecedores representa suma importância no gerenciamento de uma empresa, logo, um bom sistema de avaliação auxilia de maneira prática e assertiva para levar o time à melhor alternativa.

As técnicas AHP e DEA, apresentadas nos estudos de Saaty, Charnes, Cooper e Rhodes, foram possíveis de serem aplicadas em um sistema de seleção de fornecedores em uma empresa, a qual não possuía utilização de nenhuma técnica para tomada de decisão. Foi possível repassar um treinamento à equipe de compras sobre as duas técnicas de apoio a decisão que foram fundamentais para a evolução do processo de expansão para a nova unidade do litoral.

As técnicas AHP e DEA aplicados no presente estudo, demonstraram-se eficientes de maneiras diferentes, compondo um conjunto, onde cada um avalia uma etapa decisória. A técnica AHP com as decisões rápidas e padronizadas do cotidiano, mostrou-se ótimo auxiliar nas compras diárias. A técnica DEA com uma avaliação criteriosa de cada critério de cada um dos fornecedores possibilitou fornecer *feedbacks* e reorganizar novos entrantes ou descarte dos atuais na carteira da empresa.

A importância reconhecida pela aplicação, trouxe à empresa e a equipe de compras, técnicas práticas, aplicáveis de forma simples e moldáveis com alteração de quaisquer pesos dos critérios estabelecidos conforme necessidade.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Recomendações deixadas como sugestão para trabalhos futuros, englobam melhorias da aplicação do método, abrangendo-o a outras áreas de aplicação, podendo ser:

- a) Ajuste dinâmico de critérios: aplicar um AHP dinâmico que atualize automaticamente dados, através de metragem de vidros, ou até mesmo para cenários de risco;
- b) Sustentabilidade: aplicar também critérios que priorizem o meio ambiente, de forma que o fornecedor que tiver melhores notas, tendo em seu processo produtivo maior cuidado ambiental, seja mais qualificado;
- c) Aplicação do estudo em demais setores da empresa: os métodos podem ser replicados em demais operações da empresa, visando a otimização nos demais processos;
- d) Utilização global: pode ser aplicado com informações para comércio exterior, fornecedores de todo o mundo, aplicando critérios geopolíticos e logísticos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. B. Aplicação de métodos multicritério no apoio à decisão em ambientes complexos. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, New York, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CHEN, C.; LIN, C.; HUANG, S. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 102, p. 289-301, 2006.
- CHRISTOPHER, M. *Logistics & supply chain management*. Pearson UK, 2016.
- DREW, J.; KORTT, M.; DOLLERY, B. What determines efficiency in local government? A DEA analysis of NSW local government. *Economic Papers*, v. 34, n. 4, p. 243-256, 2015.
- FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à análise envoltória de dados*. Viçosa: UFV, 2009.
- GOMES, C. F. S.; CARNEIRO, M. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação de fornecedores utilizando um modelo híbrido AHP/TOPSIS: Um estudo de caso em uma indústria de transformação. *Revista Brasileira de Gestão e Negócios*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 12-24, 2002.
- HANDFIELD, R. B.; KRAUSE, D. R.; SCANNELL, T. V.; MONCZKA, R. M. Avoid the pitfalls in supplier development. *Sloan Management Review*, Cambridge, v. 41, n. 2, p. 37-49, 2000. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/avoid-the-pitfalls-in-supplier-development/>. Acesso em: 29 maio 2024.
- ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. *Multi-criteria decision analysis*. Chichester: Wiley, 2013.
- KAHRAMAN, C.; CEBI, S.; RUAN, D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 87, n. 2, p. 171-184, 2004.
- LIU, F. H. F.; HAI, H. L. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 87, n. 3, p. 295-307, 2000.
- LINS, M. P. E.; MEZA, Angulo L. *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão*. Editora da COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 515-534, 2003.

- MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise envoltória de dados. In: COBENGE, 34., 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.
- MIRANDA, L. C.; SILVA, J. D. G. Medição de desempenho. Controladoria: agregando valor para a empresa. Porto Alegre: Bookman, 2002. cap. 7, p. 131-153.
- MONCZKA, R. M.; HANDFIELD, R.; GIUNIPERO, L. C.; PATTERSON, J. L. Purchasing and supply chain management. Cengage Learning, 2019.
- MOTWANI, J.; YOUSSEF, M.; KATHAWALA, Y.; FUTCH, E. Supplier selection in developing countries: a model development. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 10, n. 3, p. 154-162, 1999.
- MOURA, R. Avaliação de desempenho de fornecedores: Um estudo de caso em uma empresa do setor automobilístico. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-11052009-160915/pt-br.php>. Acesso em: 30 maio 2024.
- MUKOKOMA, M. M. N.; DIJK, M. P. New public management reforms and efficiency in urban water service delivery in developing countries: blessing or fad? *Public Works Management & Policy*, v. 18, n. 1, p. 23-24, 2013.
- PIRES, S. R. I.; PACHECO, D. A. B.; SILVA, C. E. M. Quality evaluation of tempered glass used in windows of buildings: case study of a glass industry. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vilnius, v. 24, n. 6, p. 492-503, 2018.
- PRAHINSKI, C.; BENTON, W. C. Supplier evaluations: Communication strategies to improve supplier performance. *Journal of Operations Management*, New York, v. 22, n. 1, p. 39-62, 2004.
- SAATY, T. L. Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process. *Behaviormetrika*, Tokyo, v. 29, p. 1-9, 1991.
- SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill International, 1980.
- SAATY, T. L. Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.
- SANTOS, R. F. dos; VIAGI, A. F. Uso do método AHP (Analytic Hierarchy Process) para otimizar a cadeia de suprimentos durante o desenvolvimento integrado de produtos. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - Simpoi, São Paulo, 2009.
- SCHMIDT, A. M. A. Processo de apoio à tomada de decisão, abordagens: AHP e MACBETH. Dissertação (Mestrado), UFSC-Eng. Produção, 1995.
- SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Infeasibility of super-efficiency data envelopment analysis models. *INFOR*, v. 37, n. 2, p. 174-187, 1999.

SILVA, J. B. da; BEZERRA, F. L. A.; COSTA, M. G. da. Desempenho ambiental de um sistema de fachadas de vidro no contexto das esquadrias. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 101-122, 2020.

ZHANG, H.; LIU, J. Evaluation of supplier performance using analytical hierarchy process and fuzzy data envelopment analysis. *Information Sciences*, New York, v. 178, n. 21, p. 4167-4183, 2008.

KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, v. 16, n. 6, p. 382-394, 2003.

XAVIER, J. Forma lenta de envio, acesso e troca de informação. In: *Digital: Instantaneidade, dinamismo e ubiquidade*. 1. ed. São Paulo: Editora X, 2013, p. 117-131.