



MUDANÇA DE FORMATO DE VENDA E PROJETO DE CADEIRA CORPORATIVA COM APOIO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Lucas Pavan Detoni

URI– Campus de Erechim, Avenida Sete de Setembro, Nº 1621, Bairro Centro, Erechim, RS, Brasil.
lucasdetoni21@outlook.com

Cristiano Descovi Schimith

Universidade Federal do Pará – UFPA. Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém, PA, Brasil.
cristiano.schimith@gmail.com

Devido ao avanço tecnológico no setor industrial, o ritmo de criação e mudanças de produtos aumentou nos últimos tempos. Neste contexto o objetivo desta pesquisa é propor uma abordagem racional de tomada de decisão por meio de um estudo de caso em uma indústria de cadeiras corporativas. O modelo estudado teve como motivação para o seu desenvolvimento a necessidade de a empresa alavancar as vendas de um produto, para isso, a equipe de especialistas considerou alguns critérios como: aderência ao custo, aderência ao investimento e aderência aos requisitos mínimos de qualidade. Nesse contexto, a sistemática baseada na aplicação da metodologia de análise multicritério (AHP) foi aplicada, resultando na indicação da melhor alternativa de formato de venda e de projeto de produto, em função dos critérios previamente estabelecidos. Os resultados foram satisfatórios, justificados pelo teste de consistência lógica, apontando para uma mudança de formato de venda que gera benefícios logísticos e mudanças no projeto que geram menos custo de matéria-prima e ganhos no quesito qualidade.

Palavras-chaves: AHP; custo; investimento; qualidade.

1. INTRODUÇÃO

O universo corporativo é formado por reflexos de decisões tomadas por gestores. Estas decisões são tomadas de forma racional ou consciente e de forma irracional ou inconscientemente em ambos os casos é necessário levar em consideração o contexto da tomada de decisão para que se possa analisar a causa e o efeito das variáveis influenciadoras e, por consequente, poder julgar as alternativas necessárias para realizar a melhor escolha do problema de decisão (SAATY, 2008).

Segundo Pereira (2007), a tomada de decisão é um ato importante porque objetiva determinar a melhor alternativa ou o melhor curso de ação para resolver um problema. Tomar decisões estratégicas quando os valores envolvidos são elevados sempre foram processos difíceis. Na era da globalização, com a crescente complexidade do comércio global nas últimas décadas, a tarefa de tomar decisão se tornou ainda mais árdua. Os executivos se vêm diante de uma multiplicidade de opções e de dados que exigem análise, enquanto o tempo para tal análise vem encolhendo (BONABEAU, 2003).

Nos últimos anos, a indústria vem sendo desafiada em todo o mundo com o crescimento e avanço das tecnologias, que permitem desenvolvimentos e melhorias cada vez mais rápidas (NEGRI et al., 2017). Acompanhar este ritmo na indústria exige que alguns indicadores como: aderência ao custo, aderência ao investimento e aderência aos requisitos mínimos de qualidade sejam bem definidos. Estes três critérios, quando combinados, geram inúmeros caminhos a trilhar envolvendo o mundo decisório.

O objetivo deste estudo é determinar a melhor escolha entre três produtos semelhantes relacionados à indústria de cadeiras corporativas, porém cada um com um formato de venda e projeto diferentes. A dúvida está em manter o formato atual do produto ou mudar. Caso a mudança seja viável (com base nos critérios), qual das duas opções propostas, além do formato atual, seria a melhor.

Um método que facilita a tomada de decisão envolvendo inúmeros critérios é a Análise Hierárquica de Processos (AHP). Segundo Reis et al. (2013), o AHP mostra uma estrutura eficaz para a ordenação de julgamentos, de maneira consistente e baseada na experiência e intuição dos tomadores de decisão. Tal estrutura é dividida em três princípios, sendo o primeiro a estruturação do problema em hierarquias, o segundo a definição de prioridades e julgamentos e o terceiro a consistência lógica (COSTA, 2006 e COSTA e MOLL, 1999).

Este trabalho está estruturado em quatro seções: a primeira que ora finda remete a contextualização da importância desta pesquisa exposta na introdução, a seção 2 refere-se a revisão bibliográfica que sustenta o viés científico de outras pesquisas já realizadas abordando especificamente os temas custo, investimento, qualidade e a base teórica do método de análise hierárquica, com seu histórico, objetivos, benefícios e os princípios do pensamento analítico. A seção 3 apresenta a aplicação do método da pesquisa, e o caso estudado em uma empresa da indústria de cadeiras corporativas.

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

A seção 4 remete a análise dos resultados obtidos e por consequente as considerações finais são apresentadas na seção 5, a qual contém as conclusões desta pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta um referencial teórico, mostrando os fatores que exercem influência em uma mudança de projeto, formato de venda e o método AHP, usado como apoio nas tomadas de decisão na avaliação de múltiplas alternativas e na indicação da melhor entre elas por ordem de prioridade.

2.1 Mudança de projeto e formato de venda

A necessidade de realizar mudanças durante o andamento de projetos, ou até mesmo mudar a forma como se vende o produto, acarreta inúmeros impactos financeiros e visuais em produtos. Estas ações são extremamente repetitivas e envolvem tomadas de decisão. Certas vezes é preciso tomar decisões com poucas informações, ocasionalmente com a quantidade exata de informação, ou com um excesso de informações contraditórias (SHIGLEY et al. 2005). Estas decisões levam em conta muitos critérios como: logística, matéria-prima, processos produtivos, ferramentas, *design*, durabilidade do produto e montagem. Todas elas se resumem em outros grandes grupos de critérios, como:

a) Custo

Segundo Dubois (2008), o custo representa a aquisição de um ou mais bens ou serviços usados na produção de outros bens ou serviços. Sendo este custo, originado a partir de processos produtivos dentro da empresa. Ao estabelecermos um custo de produção é possível determinar o preço de venda ao público do bem em questão. O custo de um produto é composto pelo preço da matéria prima, o preço da mão de obra direta, o preço da mão de obra indireta e a amortização de máquinas e dos edifícios.

b) Investimento

Um investimento pode ser designado como uma proposta de aplicação de recursos escassos que possuem aplicações alternativas a um negócio, como também um sacrifício feito no momento para obtenção de um benefício futuro (REMER; NIETO, 1995). De acordo com Queiroz (2001), a análise de investimento é fundamental na alocação eficaz de recursos escassos no ambiente organizacional.

c) Qualidade

Segundo a ABNT (2005), “para conduzir e operar com sucesso uma organização, é necessário dirigi-la e controlá-la de maneira transparente e sistemática. O sucesso pode resultar da implementação e manutenção de um sistema de gestão concebido para melhorar continuamente o desempenho, levando em consideração, ao mesmo tempo, as necessidades de todas as partes interessadas. A administração de uma organização contempla a gestão da qualidade entre outras disciplinas de gestão”.

Alguns dos princípios de qualidade são: foco no cliente, liderança, envolvimento de pessoas, abordagem de processo, abordagem sistêmica para a gestão, melhoria contínua, abordagem para tomada de decisões e benefícios mútuos nas relações com fornecedores. Porém, para o cliente, o que de fato importa são os atributos e os requisitos escolhidos por ele, para atribuição e escolha da empresa a fechar negócio, exemplo disto são: aparência do produto, facilidade de uso ou montagem e durabilidade.

Estes grandes grupos resumem os resultados que podem ser obtidos através de mudanças dos critérios menores e devem ser considerados em mudanças de projeto ou mudanças no formato de venda para tornar o produto funcional, competitivo, fabricável e comercializável.

2.2 Método de Análise Hierárquica (AHP)

Segundo Santos e Viagi (2009), em um ambiente cada vez mais competitivo e globalizado, torna-se imprescindível, para as indústrias, a manutenção de um sistema de desenvolvimento integrado de produtos que proporcione agilidade e competitividade sustentáveis, junto às tomadas de decisões.

Em ênfase a isso, o método AHP trata-se de uma técnica ligada à Pesquisa Operacional, que é uma vertente da matemática aplicada, em caráter interdisciplinar, utilizando-se, além da matemática, da estatística e da lógica expressa em algoritmos como forma de apoio à tomada de decisões (Costa & Moll, 1999).

Segundo Saaty (2008), para realizar uma decisão de um jeito organizado para gerar prioridades deve-se decompor as decisões nos seguintes passos: definir o problema e determinar o tipo de conhecimento envolvido; estruturar a hierarquia de decisões começando pela parte de cima, ou seja, com o objetivo de decisão, indo para baixo nos níveis

intermediários e mais baixos; construir as matrizes de comparações, sendo que todo elemento que estiver no nível acima deve ser comparado com o nível imediatamente abaixo; usar as prioridades obtidas das comparações para definir um peso para os níveis imediatamente abaixo.

Segundo Costa (2006) e Costa & Moll (1999), o AHP está baseado em três princípios do pensamento analítico, que sintetizam as etapas para a construção do modelo multicritério:

1º Princípio: estruturação do problema em hierarquias

O problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos, de modo que possibilite uma melhor avaliação e compreensão. Uma hierarquia é uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total que também facilita o processo de raciocínio humano. Os elementos principais de uma hierarquia são demonstrados pela Figura 1, onde no topo da árvore hierárquica encontra-se o objetivo geral em estudo, seguido dos atributos e subatributos (ou critérios e subcritérios), conforme a complexidade do problema. Na base estão as alternativas em análise, sujeitas ao processo decisório.

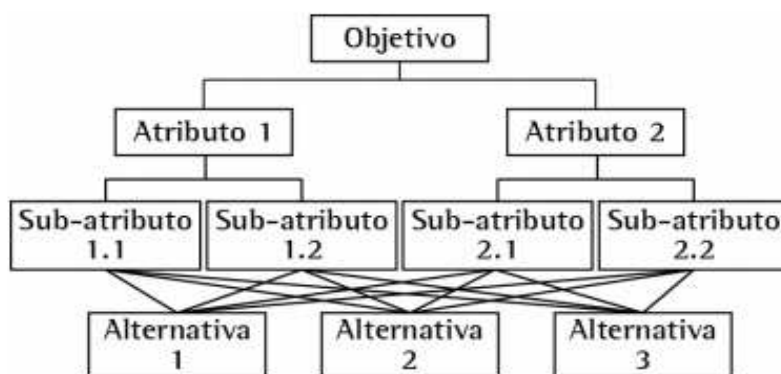


Figura 1. Estrutura Hierárquica. Fonte: Adaptado de ALVES (2015).

2º Princípio: definição de prioridades e julgamentos

As prioridades de um critério sobre outro são estabelecidas através de comparações par a par fundamentadas na observação de um especialista, que determina a importância relativa entre eles.

Bandeira et al. (2010) demonstram a obtenção de prioridades de forma interativa através do consenso obtido em reuniões com uma equipe multidisciplinar nas quais julgaram-se os critérios e subcritérios considerados significativos.

Saaty & Vargas (2001) comentam que através das comparações por pares as prioridades avaliadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de uma alternativa sobre outra. As comparações par a par são convertidas em valores numéricos em uma série de matrizes quadradas, usando uma escala fundamental de valores que representam a intensidade dos julgamentos comparativos, demonstrada no Quadro 1.

Quadro 1. Escala fundamental para julgamentos comparativos do método AHP

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um atributo em relação ao outro.
5	Importância forte ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um atributo em relação ao outro.
7	Importância muito forte ou demonstrada	Um atributo é fortemente favorecido em relação ao outro; seu predomínio de importância é demonstrado na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de favorecimento entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty & Vargas (2001).

3º Princípio: consistência lógica

Taylor (2010) explica que o AHP é baseado em comparações paritárias por tomadores de decisão que julgam preferências entre alternativas usando critérios diferentes. Ainda que os profissionais julgadores possuam conhecimento e experiência, podem ocorrer inconsistências principalmente quando existir um grande número de comparações a serem feitas no modelo. Portanto, é importante que haja uma forma de validar os julgamentos e assegurar que eles são consistentes, de modo que um conjunto de comparações paritárias seja consistente com um outro conjunto de comparações.

Segundo Saaty & Vargas (2001), a inconsistência é um fator inerente ao ser humano e por isso deve haver uma tolerância dentro de certos parâmetros para a sua aceitação e propõem o seguinte critério para o cálculo do Índice de Consistência (IC):

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

onde (n) representa a ordem da matriz e $\lambda_{\text{máx}}$ o estimador de autovalor máximo de julgamentos paritários. Uma fórmula para o cálculo do estimador de autovalor máximo é dada por:

$$\lambda_{\text{máx}} = T \cdot w \quad (2)$$

onde (T) é o somatório das colunas das matrizes e (w) é o autovetor normalizado para $\sum v_i = 1$.

Segundo Saaty e Vargas (2001), a gravidade da ocorrência de inconsistência é reduzida com o aumento da ordem da matriz de julgamentos. Com objetivo de permitir a avaliação da inconsistência em função da ordem máxima da matriz de julgamento, Saaty & Vargas (2001) fazem uso da Razão de Consistência (RC). Onde o RC é obtido através da fórmula:

$$RC = IC/IR \quad (3)$$

onde IR é um índice randômico de consistência obtido para uma matriz recíproca, com elementos não negativos gerados de forma randômica. A Tabela 1 ilustra os resultados para IR em função da ordem da matriz randômica utilizada. Os julgamentos da matriz de decisão são considerados consistentes se: RC = 0 para n = 2, RC < 0,05 para n = 3, RC < 0,09 para n = 4 e RC ≤ 0,10 para n > 4. Caso contrário, existe alguma inconsistência nos julgamentos e o especialista deve ser solicitado a rever a sua opinião. Segundo Costa e Moll (1999), a metodologia proposta não busca eliminar ou moldar a subjetividade inerente ao processo de decisão, mas sim reconhecê-la e tratá-la cientificamente, ou seja, modelá-la. Deste modo, não busca eliminar a figura do gestor como elemento ativo de tomada de decisão ou mesmo como fonte de informação para emissão de julgamentos. Ao contrário, busca-se facilitar sua aplicação.

Tabela 1. Índices de consistência randômicos (IR).

Ordem da matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de IR	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Fonte: Adaptado de ALVES (2015).

Costa (2014) observa que o AHP tem a limitação de estabelecer comparações paritárias de até no máximo nove elementos. Para que isto não implique em uma limitação ao número de variáveis a serem consideradas na modelagem, torna-se necessário que se estruture as variáveis em uma árvore ou hierarquia composta por critérios e subcritérios. Assim, se um problema envolver, por exemplo, 15 variáveis, estas poderão ser agrupadas em critérios, cada uma com 3 subcritérios.

3. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AUXILIAR NA MUDANÇA DE PROJETO E FORMATO DE VENDA DE PRODUTO

Esta seção apresenta a metodologia aplicada para auxiliar na tomada de decisões com relação a mudança e formato de venda de produto, sendo baseada na escolha preferencial entre múltiplas alternativas propostas. Conforme Alves (2015), seu procedimento permite comparar múltiplas alternativas e mostrar em ordem de prioridade a mais indicada.

3.1 Desenvolvimento do estudo de caso

Este estudo de caso foi realizado com a aplicação da metodologia em uma empresa do segmento de cadeiras corporativas que fornece para clientes visualizando o *share* de mercado da arquitetura. Essa empresa foi escolhida para ser estudada, pois possui clientes em todas as regiões do Brasil, alguns países da América Latina (mais atuante em membros do Mercosul) e alguns da América Central, sendo que o maior número de pedidos diários acontece na região sudeste. Nesta empresa, o processo de tomada de decisão é realizado sem embasamento científico, ou seja, é feito com base nas experiências passadas. A solução para esse problema é adotar um sistema de tomada de decisões rápidas baseado em argumentos reais que resulte em algo quantitativo, por isso o método AHP foi empregado.

A empresa constituiu uma equipe multidisciplinar formada por especialistas nas áreas de direção, engenharia de produto, custo, logística, processos, *design*, pós-vendas e comercial para tratar do problema, a qual identificou 2 formas possíveis para remodelar um produto que estava atualmente no mercado. Para efeito de cálculos, o produto já estabelecido no mercado será tratado como “A” e as 2 novas possibilidades serão tratadas como “B” e “C”.

Os produtos A, B e C são conhecidos nos ramos corporativos como “Cadeiras 4 Pés com Suporte do Encosto Fixo”. O Quadro 2 mostra mais detalhes de cada produto com relação aos formatos de venda e projetos.

Quadro 2 – Detalhamento do formato de venda e dos parâmetros de projeto dos Produtos A, B e C

Produto	Formato de Venda	Parâmetros de Projeto
A	<ul style="list-style-type: none"> - Vendido em múltiplos de 2 unidades, devido a Estrutura ser empilhável. - Estrutura é separada do Assento e do Encosto, gerando 2 volumes (no mínimo). - Estrutura é embalada com proteções plásticas e o Assento e Encosto são embalados em uma caixa de papelão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura fabricada com tubo de 7/8" de diâmetro, com espessura da parede em 1,9 mm. - Assento e Encosto fabricados com alma de sustentação de madeira, carenagem plástica, espuma de poliuretano injetada e tecido costurado. - Madeira do Assento possui furação única.
B	<ul style="list-style-type: none"> - Vendido em múltiplos de 4 unidades. - Estrutura, Assento e Encosto vão juntos gerando 1 volume. - Estrutura, Assento e Encosto são embalados dentro da mesma caixa de papelão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura fabricada com tubo de 7/8" de diâmetro, com espessura da parede em 1,2 mm. - Assento e Encosto fabricados com alma de sustentação de madeira, carenagem plástica, espuma de poliuretano injetada e tecido costurado. - Madeira do Assento possui furação universal.
C	<ul style="list-style-type: none"> - Vendido em múltiplos de 5 unidades. - Estrutura, Assento e Encosto vão juntos gerando 1 volume. - Estrutura, Assento e Encosto são embalados juntos, porém são selados por lâminas de papelão com uma embalagem termoencolhível. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura fabricada com tubo de 7/8" de diâmetro, com espessura da parede em 1,2 mm. - Assento e Encosto fabricados com alma de sustentação de madeira, carenagem plástica, espuma de poliuretano injetada e tecido costurado. - Madeira do Assento possui furação universal.

O Quadro 2 mostra todas as informações influenciadoras de custo, investimento em ferramentas e qualidade. Pode-se notar que todos os formatos de venda são diferentes uns dos outros, porém os parâmetros dos Projetos B e C são iguais.

Um rol de atributos e subatributos relevantes para serem considerados no processo decisório foram elaborados pela equipe de especialistas, bem como: custo de logística, custo de processos, custo de matéria-prima, investimento em matrizes, investimentos em dispositivos, investimentos em gabaritos, embalagens/proteções, durabilidade, *design* e montagem. Esses atributos e subatributos estão relacionados no Quadro 3.

Para proporcionar uma visão gráfica do caso, criou-se uma hierarquia representada pela Figura 2, colocando-se no topo o objetivo da empresa, que é determinar o melhor formato de venda e projeto de produto para satisfazer seus clientes, seguida pelos 3 critérios primários, mostrados no segundo nível da hierarquia, que contribuirão para a escolha da melhor alternativa, os quais são: custo, investimento e qualidade. No último nível hierárquico, estão representadas as possíveis alternativas avaliadas, a saber: produtos de A ao C.

O processo matemático e lógico do AHP estabeleceu preferências para os níveis hierárquicos, onde primeiramente foram determinadas as preferências de cada produto para os atributos ou critério predefinidos, ou seja, foi aplicado um modelo matemático para determinar qual entre os três produtos melhor atende ao critério “custo”, e assim, sucessivamente, o processo se repetiu para os demais critérios.

O passo seguinte foi a determinação das preferências para cada um dos três critérios considerados, ou seja, qual deles é o mais importante, o segundo mais importante, e assim por diante. E finalmente foram combinados esses dois conjuntos de preferências a fim de gerar matematicamente uma pontuação para cada produto, sendo a maior pontuação a melhor. A seguir, cada um dos passos citados será descrito em maiores detalhes.

Quadro 3. Atributos e subatributos do caso

ATRIBUTOS	SUBATRIBUTOS
Custo	Custos de Logística, Custo de Processos e Custo de Matéria-Prima.
Investimento	Matrizes, Dispositivos e Gabaritos
Qualidade	Embalagem/Proteções, Durabilidade, <i>Design</i> , Montagem

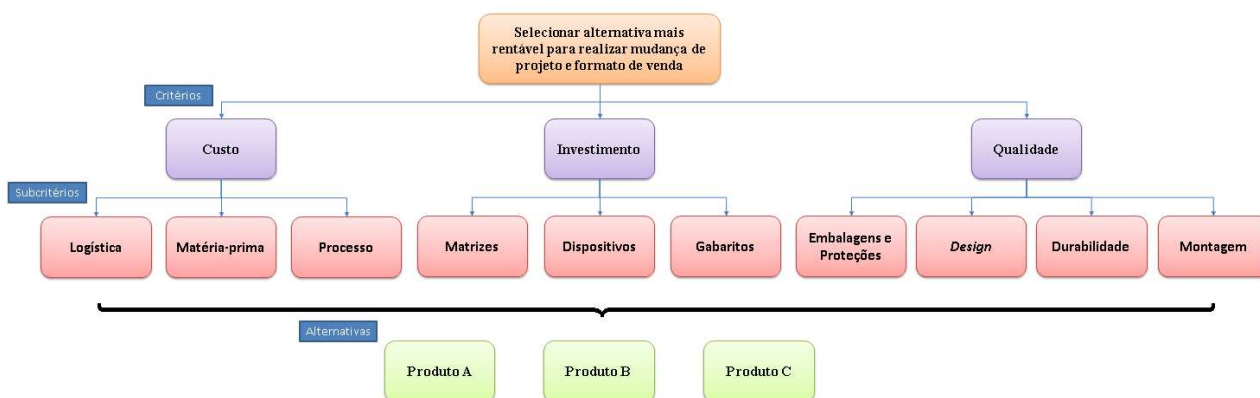


Figura 2. Representação hierárquica do problema de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1 Determinação de preferência para o custo

A preferência foi determinada através de comparações paritárias, analisando-se par a par as alternativas e indicando-se a que melhor atende ao critério. Nesse caso, como os custos são valores quantitativos, as Tabelas 4 e 5 foram usadas como auxílio para determinar a ordem de preferência. A Tabela 2 mostra os custos dos produtos A ao C com relação aos subatributos de custo.

Tabela 2. Custo dos produtos

		Custos		
		Custos de Logística	Custos de Processos	Custos de Matéria Prima
PRODUTOS	A	2,85	14,27	38,74
	B	2,05	9,63	37,67
	C	1,94	10,75	38,5
SOMA		6,84	34,65	114,91

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

A Tabela 3 mostra o custo normalizado dos produtos, valores obtidos pelo quociente entre os valores individuais das Tabelas 2 e a soma das respectivas colunas e a média das linhas representando a média dos custos.

Tabela 3. Custo normalizado dos produtos

		Custos			
		Custos de Logística	Custos de Processos	Custos de Matéria Prima	Média
PRODUTOS	A	0,42	0,41	0,34	0,39
	B	0,30	0,28	0,33	0,30
	C	0,28	0,31	0,34	0,31
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

A Tabela 4 mostra a relação de prioridades entre as localidades por julgamento par a par tomando como referência os custos médios da Tabela 3 e em conformidade com a escala de preferências da Tabela 1 da seção 2. Interpretamos, por exemplo, que o Produto A têm um nível de preferência absolutamente fraca em relação ao Produto B e que o Produto C têm um nível de preferência muito forte e favorecida em relação ao Produto A.

Tabela 4. Comparação paritária entre os produtos

		Custos		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	0,11	0,13
	B	9,00	1,00	2,00
	C	8,00	0,50	1,00
SOMA		18,00	1,61	3,13

A comparação de um produto com ele mesmo é sempre 1, que representa “mesma importância”. A Tabela 5 mostra a matriz de comparações normalizada e a média das linhas, onde quanto maior a média, melhor o nível de preferência. Portanto, para o atributo de custo a ordem de preferências fica: $B > C > A$ (sendo $B = 0,59$; $C = 0,36$; $A = 0,05$).

Tabela 5. Comparação normalizada de custo

		Custos			
		Custos de Logística	Custos de Processos	Custos de Matéria Prima	Média
PRODUTOS	A	0,06	0,07	0,04	0,05
	B	0,50	0,62	0,64	0,59
	C	0,44	0,31	0,32	0,36
SOMA		1,00	1,00	1,00	1

3.1.2 Determinação de preferência para investimento

Os valores de investimento foram obtidos através dos setores de Matrizaria, Diretoria e Custos da empresa. Nesse caso, como os investimentos também são valores quantitativos, as Tabelas 6 e 7 foram usadas como auxílio para determinar a ordem de preferência. A Tabela 9 mostra os investimentos em matrizes, dispositivos e gabaritos dos produtos A ao C com relação ao critério de investimento.

Tabela 6. Investimento dos produtos

		Investimentos		
		Matrizes	Dispositivos	Gabaritos
PRODUTOS	A	150,00	150,00	150,00
	B	3500,00	180,00	2500,00
	C	3500,00	360,00	3800,00
SOMA		7150,00	690,00	6450,00

A Tabela 7 mostra o investimento normalizado dos produtos, valores obtidos pelo quociente entre os valores individuais das Tabelas 6 e a soma das respectivas colunas e a média das linhas representando a média dos custos.

Tabela 7. Investimento normalizado dos produtos

		Investimentos			
		Matrizes	Dispositivos	Gabaritos	Média
PRODUTOS	A	0,02	0,22	0,02	0,09
	B	0,49	0,26	0,39	0,38
	C	0,49	0,52	0,59	0,53
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

A Tabela 8 mostra a relação de prioridades entre os produtos, por julgamento par a par tomando como referência os custos médios da Tabela 7 e em conformidade com a escala de preferências do Quadro 1 da seção 2. Interpretamos, por exemplo, que o Produto A é predominante com relação a este critério, tendo em vista já estar no mercado e possuir todas as ferramentas disponíveis.

Tabela 8. Comparação paritária entre os produtos

		Investimentos		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	5,00	6,00
	B	0,20	1,00	2,00
	C	0,17	0,50	1,00
SOMA		1,37	6,50	9,00

A Tabela 9 mostra a matriz de comparações normalizada e a média das linhas, onde quanto maior a média, melhor o nível de preferência. Portanto, para o atributo de investimento a ordem de preferências fica: $A > B > C$ (sendo $A = 0,723$; $B = 0,173$; $C = 0,103$).

Tabela 9. Comparação normalizada de custo

		Investimentos			
		Matrizes	Dispositivos	Gabaritos	Média
PRODUTOS	A	0,73	0,77	0,67	0,723
	B	0,15	0,15	0,22	0,173
	C	0,12	0,08	0,11	0,103
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,000

3.1.3 Determinação de preferência para qualidade

Qualidade é um parâmetro difícil de mensurar, tendo em vista ser avaliado pelo cliente e ao mesmo tempo, ser qualitativo. Por isso, foi necessário classificar cada subcritério (conforme Tabela 1) utilizando dados obtidos diretamente dos responsáveis pelos setores de Engenharia de Produto, *Design*, Engenharia de Processos e Pós-Vendas. Assim, estes dados geraram as Tabelas 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 através de comparações paritárias, que auxiliaram a determinar a ordem de preferência de cada critério.

Tabela 9.1. Comparação paritária de Embalagem/Proteções dos Produtos

		Embalagem/Proteções		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	5,00	3,00
	B	0,20	1,00	0,33
	C	0,33	3,00	1,00
SOMA		1,53	9,00	4,33

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

Tabela 9.2. Comparação paritária de Durabilidade dos Produtos

		Durabilidade		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	0,33	0,33
	B	3,00	1,00	1,00
	C	3,00	1,00	1,00
SOMA		7,00	2,33	2,33

Tabela 9.3. Comparação paritária de *Design* dos Produtos

		Design		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	7,00	6,00
	B	0,14	1,00	0,33
	C	0,17	3,00	1,00
SOMA		1,31	11	7,33

Tabela 9.4. Comparação paritária de Montagem dos Produtos

		Montagem		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	7,00	6,00
	B	0,14	1,00	0,33
	C	0,17	3,00	1,00
SOMA		1,31	11	7,33

Depois, todas estas tabelas passaram pelo processo de normalização dos dados, conforme é observado nas Tabelas 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4.

Tabela 10.1. Comparação normalizada de Embalagem/Proteções

		Embalagem/Proteções			
		A	B	C	Média
PRODUTOS	A	0,65	0,56	0,69	0,63
	B	0,13	0,11	0,08	0,11
	C	0,22	0,33	0,23	0,26
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 10.2. Comparação normalizada de Durabilidade

		Durabilidade			
		A	B	C	Média
PRODUTOS	A	0,14	0,14	0,14	0,14
	B	0,43	0,43	0,43	0,43
	C	0,43	0,43	0,43	0,43
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

Tabela 10.3. Comparação normalizada de *Design*

		<i>Design</i>			
		A	B	C	Média
PRODUTOS	A	0,76	0,64	0,82	0,74
	B	0,11	0,09	0,05	0,08
	C	0,13	0,27	0,14	0,18
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 10.4. Comparação normalizada de Montagem

		Montagem			
		A	B	C	Média
PRODUTOS	A	0,20	0,20	0,20	0,20
	B	0,20	0,20	0,20	0,20
	C	0,60	0,60	0,60	0,60
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

Após normalizar os dados e a partir das médias das Tabelas 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4, originou-se a Tabela 11.

Tabela 11. Qualidade dos Produtos obtida por especialistas através de média

		Qualidade				
		Embalagem/Proteções	Durabilidade	<i>Design</i>	Montagem	Média
PRODUTOS	A	0,63	0,14	0,74	0,20	0,43
	B	0,11	0,43	0,08	0,20	0,21
	C	0,26	0,43	0,18	0,60	0,37
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

A partir das Médias obtidas na Tabela 11, foi possível balizar e ranquear qual produto era preferência dos especialistas, sendo este valor observado do menor para o maior. Então, do ponto de vista dos especialistas em cada área relacionada a qualidade, o Produto B era mais preferível que o Produto C que é levemente mais preferível do que o Produto A. Assim, foi possível realizar a comparação paritária que pode ser observada na Tabela 12.

Tabela 12. Qualidade dos Produtos

		Qualidade		
		A	B	C
PRODUTOS	A	1,00	0,145	0,33
	B	7,00	1,00	7,00
	C	3,00	0,145	1,00
SOMA		11,00	1,29	8,33

A Tabela 13 mostra a matriz de comparações normalizada e a média das linhas, onde quanto maior a média, melhor o nível de preferência. Portanto, para o atributo de qualidade a ordem de preferências fica: B>C>A (sendo B = 0,75; C = 0,17; A = 0,08).

Tabela 13. Qualidade normalizada dos Produtos

		Qualidade			
		A	B	C	Média
PRODUTOS	A	0,09	0,11	0,04	0,08
	B	0,64	0,78	0,84	0,75
	C	0,27	0,11	0,12	0,17
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

3.1.4 Preferência entre os critérios

Nos itens de 3.1.1 a 3.1.3 foram estabelecidas as preferências para os produtos em estudo, segundo os critérios previamente estabelecidos. O passo seguinte foi a determinação das preferências em cada um dos três critérios considerados, ou seja, qual o grau de importância de cada um deles em relação aos outros.

A equipe multidisciplinar de especialistas atribuiu valores em uma escala de 1 a 5, sendo o valor 1 o menos importante e 5 o mais importante para cada um deles. O Quadro 4 apresenta os valores que foram atribuídos consensualmente.

A comparação paritária dos critérios com o auxílio da tabela de preferências, gerou a Tabela 14 e, conseqüentemente, a Tabela 15 de valores normalizados, na qual tem-se na coluna de média das linhas a indicação das preferências, sendo que quanto maior a média, melhor.

Por ser a Tabela 15 apenas uma conversão dos valores da Tabela 14, a escala de prioridade entre os critérios segue a mesma, em que o critério maior peso é a qualidade e os dois de menor peso são custo e investimento.

Quadro 4. Grau de Preferência/Importância dos Critérios

Grau de Preferência dos Critérios		
CRITÉRIO	CUSTO	4
	INVESTIMENTO	2
	QUALIDADE	5

Tabela 14. Comparação paritária dos Critérios

		Critérios		
		CUSTO	INVESTIMENTO	QUALIDADE
CRITÉRIOS	CUSTO	1,00	2,00	0,50
	INVESTIMENTO	0,50	1,00	0,33
	QUALIDADE	2,00	3,00	1,00
SOMA		3,50	6,00	1,83

Tabela 15. Comparação paritária normalizada dos Critérios

		Critérios			
		CUSTO	INVESTIMENTO	QUALIDADE	MÉDIA
CRITÉRIOS	CUSTO	0,29	0,33	0,27	0,30
	INVESTIMENTO	0,14	0,17	0,18	0,16
	QUALIDADE	0,57	0,50	0,55	0,54
SOMA		1,00	1,00	1,00	1,00

3.1.4 Preferência final

O índice de preferência geral para cada um dos Produtos foi computado pela multiplicação dos vetores de preferência de cada um dos critérios, pelos vetores de preferência dos próprios critérios da Tabela 15, somando-se os produtos, respectivamente, como segue:

$$\text{PRODUTO A} = 0,05 \cdot 0,30 + 0,72 \cdot 0,16 + 0,08 \cdot 0,54 = 0,176$$

$$\text{PRODUTO B} = 0,59 \cdot 0,30 + 0,17 \cdot 0,16 + 0,75 \cdot 0,54 = 0,607$$

$$\text{PRODUTO C} = 0,36 \cdot 0,30 + 0,10 \cdot 0,16 + 0,17 \cdot 0,54 = 0,215$$

Portanto, os três produtos, em ordem de importância gerada pelo processo matemático do AHP (quanto maior a pontuação, maior o nível de preferência), são: B>C>A.

3.3 Análise dos resultados

A aplicação do AHP indicou o Produto B como a melhor alternativa para a solução do problema proposto, todavia em face da possibilidade de erros, devido ao número elevado de comparações com base em fatores quantitativos e qualitativos realizadas, foi feita a análise da consistência dos julgamentos paritários, conforme visto na revisão bibliográfica da seção 2 deste trabalho. A consistência dos julgamentos paritários foi demonstrada pela Razão da Consistência (RC) existente entre o índice de consistência (IC) e o índice randômico (IR), em que:

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

$$IC/IR < 0,05 \text{ (para } n = 3) \tag{4}$$

Para a análise da consistência do item “preferência entre os critérios”, o índice (IC) foi obtido da seguinte forma: primeiro foi calculada a soma dos produtos dos vetores da Tabela 14 pelo peso dos critérios (Tabela 15 – coluna das médias), resultando nos seguintes valores:

$$\begin{aligned} \text{CUSTO} &= 1,000*0,297 + 2,000*0,164 + 0,500*0,539 = 0,894 \\ \text{INVESTIMENTO} &= 0,500*0,297 + 1,000*0,164 + 0,333*0,539 = 0,492 \\ \text{QUALIDADE} &= 2,000*0,297 + 3,000*0,164 + 1,000*0,539 = 1,625 \end{aligned}$$

Em seguida, cada um dos valores resultantes foi dividido pelos correspondentes pesos, que são os vetores de preferência da Tabela 15 (coluna das médias):

$$\begin{aligned} \text{CUSTO} &= 0,894/0,297 = 3,010 \\ \text{INVESTIMENTO} &= 0,492/0,164 = 3,000 \\ \text{QUALIDADE} &= 1,625/0,539 = 3,015 \end{aligned}$$

Se os julgamentos paritários tomados tivessem sido perfeitamente consistentes, cada um dos resultados do passo anterior deveria ser exatamente três, que é o número de itens que estão sendo comparados. Então, o próximo passo foi calcular a média dos resultados anteriores, somando-se todos e dividindo-se por três:

$$\text{MÉDIA} = (3,010 + 3,000 + 3,015)/3 = 3,008$$

O Índice de Consistência (IC) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$IC = (3,008 - n)/n - 1 \tag{5}$$

onde

n = número de itens que estão sendo comparados
3,008 = média calculada no passo anterior

Resultando IC = 0,004166

Finalmente, tomando da Tabela 1 o valor de IR = 0,58, para n = 3, o valor resultante para IC/IR foi de 0,00718. Portanto, o grau de consistência para o caso estudado demonstrou-se satisfatório, pois IC/IR < 0,05 foi evidenciado na preferência entre os critérios.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um estudo de caso, no qual foi implementado o método de análise hierárquica (AHP), passo a passo a fim de selecionar a melhor opção entre 3 produtos. O estudo de caso teve origem na necessidade de melhorar o formato de venda e o projeto de um produto que já estava no mercado de uma empresa fabricante de cadeiras corporativas.

A aplicação do método de análise hierárquica como ferramenta auxiliar na tomada de decisão resultou na indicação em ordem prioritária do melhor produto a ser produzido, a qual permitiu uma análise detalhada dos atributos e subatributos definidos por uma equipe multidisciplinar de especialistas, em conformidade com a estratégia da empresa.

O resultado obtido levou em consideração três produtos, três atributos principais com pelo menos três subatributos cada e também considerou para cada atributo um nível de preferência diferenciado, baseado na escala fundamental de Saaty para julgamentos comparativos, que funcionou como peso para distinguir a importância de cada um.

A quantidade de comparações paritárias feita foi elevada, gerando risco de erros no julgamento e na consistência pelos tomadores de decisão, todavia o método possibilita a execução de um teste para a validação da consistência dos valores atribuídos nas comparações, o qual foi realizado, resultando em um grau de consistência satisfatório e em conformidade com as exigências do modelo, validando assim a alternativa indicada.

A avaliação geral do estudo identificou o Produto B com o melhor desempenho, obtendo uma preferência final de 60,7%. Assim, com base na metodologia proposta, sugere-se que a empresa invista e produza o Produto B, sendo ele o mais indicado devido ao grau de preferência dos especialistas, tendo em vista os benefícios de custo de logística, custo de matéria-prima e no parâmetro qualidade, os quais eram mais relevantes no grau de preferência da equipe de especialistas.

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

O estudo realizado apresentou limitações importantes com relação aos critérios, tendo em vista que foram definidos a partir de uma equipe de especialistas, sendo divididos em grandes grupos com alguns subcritérios. Outra limitação foi a definição do quesito “qualidade” a partir do histórico dos especialistas na empresa.

Como proposta para pesquisas futuras, sugere-se a implementação do método de Analytic Network Process (ANP) para verificar as influências positivas e negativas destas mudanças, com relação ao resto do portfólio da empresa, sendo um método mais recente e atuante em decisões que influenciam infinitos critérios.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulários**. Rio de Janeiro. 2005.

ALVES, J. R. X. et al. **Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP)**. Production. São José dos Campos, jan. 2015. p. 13-26.

BANDEIRA, D. L., Becker, J. L., & Rocha, A. K. (2010). **Sistemática multicritério para priorização de embarques marítimos**. Revista de Administração Mackenzie, 11(6). <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-69712010000600007>

BONABEAU, E. **Não confie na sua intuição**. Harvard Business Review, maio 2003. Chile: R.R.Donnelley, 2003

COSTA, H. G. (2006). **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: Abepro.

COSTA, H. G., & MOLL, R. N. (1999). **Emprego do método de análise hierárquica (AHP) na seleção de variedades para o plantio de cana-de-açúcar**. Gestão & Produção, 6(3). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X1999000300009>

COSTA, J.J.; LIMA, T.J.B.; MEZA, E.B.M.; TAMMELA, I. **Uso do método AHP clássico para auxiliar na escolha de um novo curso superior em um campus da UFF no interior**. Congresso Nacional de Excelência de Gestão – CNEG, 2014.

DUBOIS, Alexy. et at. **Gestão de custos e formação de preços: conceitos, modelos e instrumentos, abordagem do capital de giro e da margem de competitividade**. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, L.F.A.M; ARAYA, M.C.G; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

NEGRI, E.; FUMAGALLI, L.; MACCHI, M. **A Review of Roles of Digital Twin in CPS-based Productions Systems**. Procedia Manufacturing, v. 11, n. June, p. 939-948, 2017.

PEREIRA, S. D. L. (2007). **Modelagem para Decisão por Pacotes e Viagem: Um Estudo de Caso Usando Processo de Hierarquia Analítica – AHP**. Natal- RN, 2007.

QUEIROZ, J. A. **Aplicação do valor no risco (VAR), do modelo de precificação dos ativos de capitais e da teoria de precificação por arbitragem na avaliação econômica dos projetos de investimento em condições de risco**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica, Campus de São Carlos, Brasil. 2001.

REIS, L. P.; LADEIRA, M. B.; FERNANDES, J. M., **Contribuição do Método Analytic Hierarchy Process (AHP) para Auxílio ao Processo Decisório de Terceirizar ou Internalizar Atividades no Contexto de uma Empresa de Base Tecnológica**. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.13, n. 4, p. 1325-1354, out./dez. 2013.

REMER, D. S. & NIETO, A. P. **A compendium and comparison of 25 project evaluation techniques**. Part 1: Net present value and rate of return methods. International Journal of Production Economics, v. 42, n. 1, 1995, pp. 79-96.

SAATY, T.L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp.83–98. 2008.

SAATY, T. L., & VARGAS, L. G. (2001). **Models, methods, concepts applications of the analytic hierarchy process**. Norwell: Kluwer Academic Publishers. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1>

SANTOS, R. F.; VIAGI, A. F. **Uso do Método AHP (Analytic Hierarchy Process) para Otimizar a Cadeia de Suprimentos Durante o Desenvolvimento Integrado de Produtos**. Anais do XII Simpósio de administração da

DETONI, L. P., SCHIMITH, C. Mudança de formato de venda e projeto de produto com apoio do método de análise hierárquica (AHP).

produção, logística e operações internacionais, SIMPOI 2009 FGV/EAESP. Disponível em: <
http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00337_PCN85503.pdf>. Acesso em: 27 out. 2017.

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R. e BUDYNAS, R. G., **Projeto de Engenharia Mecânica**, Bookman, Porto Alegre, 2005.

TAYLOR, B. W. (2010). **Introduction to management science** (10th ed.). New Jersey: Pearson/Prentice Hall.