

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO PARA GESTORES NA ESCOLHA DO TIPO DE EMBALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE NOVAS PEÇAS NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Renan Novaes Tona
renantona@gmail.com
UFF

Tamara Onias
tamara_onias@id.uff.br
UFF

Allan Vilela
allanvilela@gmail.com
UFF

Cecilia Toledo Hernandez
ctoledo@id.uff.br
UFF

Resumo: Este estudo tem como objetivo propor um modelo de multicritério para seleção do tipo de embalagem a ser utilizada no desenvolvimento de um novo componente dentro do setor automobilístico. A metodologia será composta por um levantamento de dados junto à equipe de projetos vida série, a qual irá selecionar os principais critérios a serem utilizados, assim como a importância do mesmo na escolha final. Com essas informações será elaborada a árvore de decisão e aplicado o método AHP (Analytic Hierarchy Process) para um componente em desenvolvimento.

Palavras Chave: Tipo de Embalagem - Apoio à Decisão - Multicritério - AHP -

1. INTRODUÇÃO

A integração local de componentes é um fator vital para a saúde econômica das empresas multinacionais instaladas no mercado brasileiro, sem isso essas empresas ficam dependentes da taxa cambial, que conforme histórico recente não é favorável, tendo assim prejuízos pela aquisição de componentes importados da China, México e Europa.

A empresa estudada possui apenas 65% dos componentes integrados localmente e tem como objetivo chegar a 90% até o fim de 2018, para atingir essa meta criou-se uma equipe de projeto vida série dedicada para analisar as oportunidades locais de aquisição de componentes e viabilizar economicamente essa integração.

Um fator vital nesse desenvolvimento é a engenharia logística, as peças devem ser transportadas com qualidade da origem até o destino, o presente trabalho visa identificar o melhor tipo de embalagem a ser utilizado nesse transporte.

O artigo apresenta uma revisão dos tipos de embalagem regularmente utilizada pela empresa, assim como uma revisão do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Após são apresentadas as seções de metodologia e análise e discursões do resultado, exemplificando um componente específico a ser integrado.

O projeto tem como objetivo justificar a aplicação do método AHP no processo de tomada de decisão dentro das grandes empresas, atualmente a maior parte das decisões são tomadas através de um histórico, ou levando em conta o critério econômico ou determinado pelo chefe de projeto.

Devido à ampla variedade de critérios que se tornam importantes para a tomada de decisões e que se articulam conforme as estratégias organizacionais são necessárias criar métodos que simplifiquem e apoiem a tomada de decisão (AHARONOVITZ *et al.*, 2013). Para tal, o objetivo desse artigo é propor um modelo multicritério, baseado na escolha dos critérios e pesos associados pela equipe de projetos vida série, para a seleção do tipo de embalagem ideal para cada componente integrado localmente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Tipo de embalagem

O conceito básico de embalagem é o de que a embalagem deve proteger o produto. Embalagem é o invólucro com finalidade de acondicionar e apresentar um produto. A embalagem, sob a ótica sistêmica, abrange o conjunto de operações, materiais e equipamentos

que têm por objetivo o acondicionamento, proteção, conservação, transporte e armazenamento dos produtos ao decorrer das cadeias de suprimentos (OLIVEIRA, 2011). Ao desenvolver um novo produto, as empresas devem avaliar qual o tipo de embalagem mais apropriada para o acondicionamento, levando em consideração aspectos sociais, culturais, de funcionalidade, de segurança, de toxidade, manuseio, reciclagem e continuidade de fornecimento. (OLIVEIRA, 2011)

Na questão logística, as embalagens devem considerar características que facilitam a movimentação e estocagem, mesmo que o objetivo seja reduzir os estoques, as atividades de movimentação de transporte, carregamento e descarregamento nas docas e acondicionamento das mercadorias, devem ser levadas em consideração para evitar avarias operacionais e outras perdas provenientes de erros operacionais e de gestão. Existem diversos tipos de materiais para acondicionar produtos, com diferentes características e capacidades de armazenamento tanto no espaço físico do armazém quanto no modal de transporte. Os materiais mais usados são: papelão, plástico, isopor e madeira.

Quanto maior o conhecimento das modalidades de transporte e restrições de fornecedores envolvidos no desenvolvimento do produto, melhor será a eficiência no planejamento e na escolha do e tipo de embalagem mais adequado (OLIVEIRA, 2011). Outros aspectos que possuem elevada importância, são a sustentabilidade e logística reversa que é o refluxo dessas embalagens, que além de caracterizar a logística verde, influencia diretamente na dinâmica e nos custos agregados à cadeia de suprimentos.

2.2. Apoio à Decisão Multicritério

A metodologia de Apoio à Decisão Multicritério consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar na tomada de decisões, quando existe a influência de múltiplos critérios. A metodologia multicritério se difere das metodologias tradicionais de decisão pelo nível de utilização dos valores qualitativos dos decisores nos modelos de decisão, tornando possível assim a análise de forma diversificada de acordo com os critérios de valor de cada especialista. Desta maneira, a decisão é a alternativa para resolver problemas de objetivos conflitantes, que exigem uma solução ótima e conduzem à definição de uma solução de compromisso (ZELENY, 1982). As metodologias de apoio à decisão multicritério não substituem a função do decisor, mas auxiliam na escolha da melhor ou mais adequada decisão, a partir do cenário apurado pelo decisor e das prioridades definidas, considerando

também as alternativas conhecidas e os resultados esperados (COSTA, 2009). Duas escolas de pensamento se destacam entre as metodologias de apoio a decisão multicritério sendo elas a Escola Americana e a Escola Francesa. Os dois principais métodos da Escola Americana são a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) e o Método de Análise Hierárquica (AHP). Na escola francesa, os mais usados são os métodos ELECTRE e PROMETHEE (GOMES et al., 2009). Para este trabalho será utilizada a escola americana, mais precisamente o método de análise hierárquica (AHP).

2.3.Método AHP

A metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) foi criada pelo matemático americano Tomas L. Saaty em meados dos anos 70. O AHP consiste em uma metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) que tem por objetivo a escolha de alternativas, considerando diferentes critérios e subcritérios qualitativos e quantitativos (EDUARDO et al, 2014). O método AHP é aplicado em três etapas. A primeira é a estruturação do problema em níveis hierárquicos, primeiro nível composto pelos objetivos, segundo nível dos critérios, terceiro nível os sub-critérios e no último nível as alternativas (SANTOS et al, 2009). A segunda etapa é a definição de prioridades e a terceira a consistência lógica.

2.3.1. Estruturação em níveis hierárquicos

Uma das principais fases da uma solução de um problema é o seu entendimento e estruturação, o método AHP divide o problema em níveis hierárquicos e no topo o objetivo principal. A figura 1 esquematiza esta estrutura hierárquica do AHP. Nesta etapa, o problema é entendido e estruturado em níveis hierárquicos o que possibilita ao decisor ter uma visão geral do sistema com todos seus componentes e interações. (MARINS et al, 2009)

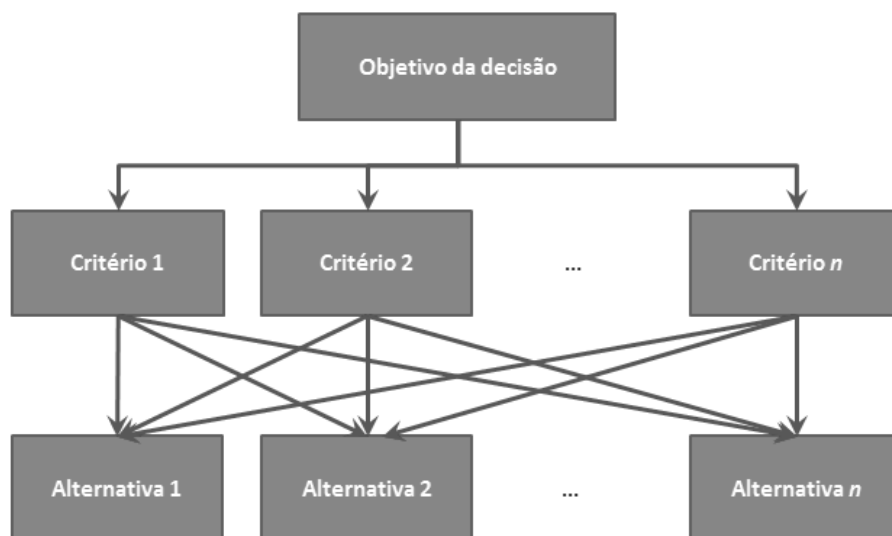


Figura 1 – Modelo Hierárquico AHP. Fonte: Adaptação de Saaty, 1991 e Gomes et. Al, 2009.

Com estrutura semelhante a uma árvore, no topo tem-se o objetivo, com fatores mais específicos, e os mais extremos são os fatores ou critérios de avaliação. Quanto mais genéricos os atributos, mais altos eles estarão na hierarquia. As alternativas são a base da estrutura, após o último nível de atributos. Esta configuração permite ao decisor identificar cada parte e todo o complexo problema, com isso obter prioridades através de uma comparação par a par baseada nos dados obtidos pelo usuário. (BESTEIRO, A. M e al 2009).

2.3.2. Definição de pesos e prioridades

Na segunda etapa, através do modelo hierárquico determina-se o quão cada elemento se influenciam em níveis distitos, de modo que se calcular os pesos relativos dos impactos dos elementos sobre o nível mais baixo e sobre os objetivos gerais (SAATY, 1991). No método AHP, o decisor deve comparar paritariamente os elementos de um nível da hierarquia conforme o critério de cada um dos elementos em interação em uma camada superior da hierarquia (COSTA, 2006). Para uma melhor comparação par a par, utiliza-se uma escala numérica que indica o peso dos elementos em relação aos outros levando-se em conta o critério ou propriedade ao qual são comparados (SAATY, 2008). A Tabela 1 representa a escala numérica de comparação de Saaty (1990).

Tabela 1: Escala numérica de Saaty

Pesos	Definição	Avaliação
1	Importância igual	Ambos elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e a opinião favorecem um elemento em relação ao outro.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e a opinião favorecem fortemente um elemento em relação ao outro.
7	Importância muito grande	Um elemento é fortemente favorecido em relação a outro podendo ser demonstrado na prática.
9	Importância extrema ou absoluta	A evidência favorece um elemento em relação a outro com uma ordem de magnitude de diferença.
2,4,6,8	Valores intermediários	Usado como valores de consenso entre as opiniões.

Fonte: Adaptação de Saaty, 1991 e Gomes et. Al, 2009.

Além da escala numérica de comparação de Saaty, existem outras escalas de medição direta. Os pesos para as categorias variam conforme as exigências específicas do problema, mantendo-se assim a generalidade do método.

2.3.3. Matriz de decisão e Razão de Consistência

As comparações par a par são representadas por uma matriz quadrada, denominada matriz de decisão. A quantidade de interações necessárias para a construção de uma matriz de decisão genérica A é $n(n-1)/2$, onde n é o número de elementos pertencentes a esta matriz. Segundo Saaty, as regras para construir a matriz de decisão e a matriz de decisão são representados pelo conjunto (1).

- $a_{ij} > 0$
- $a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$
- $a_{ij} = 1/a_{ji}$
- $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

O Índice de Consistência é definido pela equação (2).

$$IC = \frac{\text{Autovalor} - n}{n-1} \quad (2)$$

A Razão de Consistência (RC) é definida através do Índice de Consistência (IC) e do índice Aleatório (RI - Random Index), e representada pela equação (3).

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (3)$$

Para valores de $RC < 0,1$, a matriz é considerada consistente, caso contrário o decisor a avaliação deve ser refeita. O valor 0,1 de análise de RI é calculado empiricamente.

Segundo Saaty (1991) a matriz é consistente se $autovalor \geq n$, sendo os índices aleatórios (RI) validados de acordo com n (número de critérios) representados na tabela 2.

Tabela 2: Valores de RI

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

3. METODOLOGIA

Neste tópico, será abordada a metodologia utilizada para aplicação do método de multicritério de tomada de decisão AHP para escolha do tipo de embalagem mais adequada para um novo produto da organização.

Na organização há uma equipe dedicada em aumentar a integração local dos produtos utilizados na linha de produção, essa equipe tem como missão estudar os custos de produzir e transportar o produto fabricado no Brasil, assim como comparar esses custos com um produto produzido na Europa e China, tendo assim a viabilidade econômica do projeto.

Para auxiliar nessa tomada de decisão, o estudo apresentado por esse artigo irá demonstrar qual tipo de embalagem é a mais adequada para transporte desse novo produto da origem ao destino final na montadora.

A abordagem desse artigo é quali-quantitativa porque transforma julgamentos qualitativos em escala numérica. Esses julgamentos foram construídos com base na coleta de dados realizada com fornecedores externos e profissionais na área de engenharia da empresa, construindo assim uma árvore de decisão para seleção da embalagem mais adequada a ser utilizada.

3.1. Alternativas Possíveis

A empresa trabalha com quatro decisões possíveis de qual tipo de embalagem utilizar para todo novo desenvolvimento. Os tipos de embalagem, assim como as principais vantagens e desvantagens podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3 – Tipos de Embalagem a serem utilizadas

Tipo de embalagem	Responsável pela compra / manut.	Principal vantagem	Principal desvantagem	Foto ilustrativa
Retornável KLT CLI	Cliente	Qualidade / integridade da peça	Alto investimento inicial	
Retornável polionda CLI	Cliente	Investimento inferior a klt	Durabilidade inferior a klt	
Retornável KLT FNR	Fornecedor	Qualidade / integridade da peça	Custo incluso no preço peça	
Descartável FNR	Fornecedor	Sem investimento inicial	Impacto ambiental	

3.2. Método de Coleta de Dados

Para determinar os critérios e subcritérios de seleção, assim como o peso de cada critério foi realizado um questionário interno envolvendo a equipe de projetos vida série, que é formada pelo Responsável Planning, de Custos, Industrial (Fabricação e Logística), Qualidade, Engenharia e o Gerente de Projetos.

3.3. Método de Análise de Dados

Para auxílio dos cálculos a serem executados, foi utilizado o *software Super Decisions*, que é um *software* de auxílio à tomada de decisão que funciona com base em dois métodos de decisão com multicritério, o AHP e o ANP.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o estudo de caso foi selecionado uma referência X, com 12 peças por embalagem e 10 embalagens por pallet (totalizando 120 peças). A integração local está prevista para dezembro de 2018 e os estudos para definição de embalagem a ser utilizada estão em curso.

Os critérios e subcritérios foram selecionados após a aplicação do questionário. O resultado da aplicação do questionário possibilitou estabelecer a matriz hierárquica da figura 2 e determinar de forma direta os pesos dos critérios, subcritérios e alternativas.

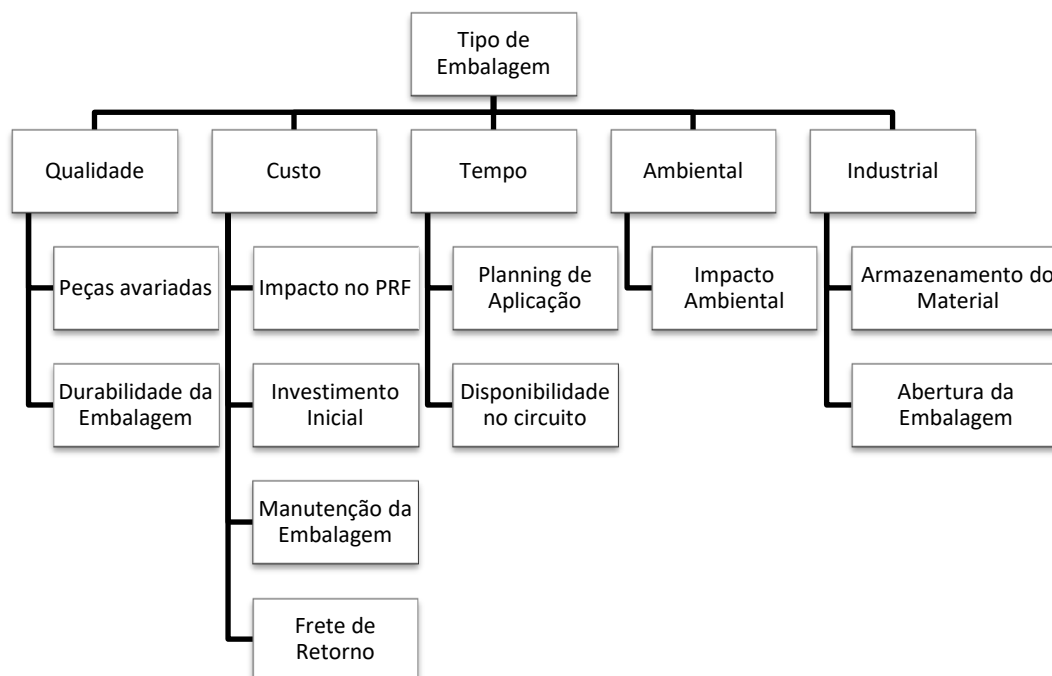


Figura 2 – Modelo Hierárquico AHP aplicado ao Projeto

Após a definição da referência a ser analisada, dos critérios / subcritérios e das alternativas, os pesos de cada critério serão calculados de acordo com o questionário.

4.1. Definição dos pesos para cada critério e subcritério

Com a aplicação do questionário junto a equipe de projetos, foi possível definir notas com a importância de cada critério e subcritério. Para esta análise preliminar, foi utilizada a escala da tabela 4 para quantificar os critérios, que foi de melhor entedimento por parte equipe envolvida.

Tabela 4: Notas para critérios

Pesos	Definição
1	Muito pouco importante
2	Pouco importante
3	Média importância
4	Muito importante
5	O mais importante

As tabelas 5 e 6 representam os pesos dos critérios e subcritérios calculados a partir da média das notas atribuídas pelos entrevistados.

Tabela 5 – Definição dos pesos de cada critério

Critério	μ	Peso
Qualidade	4,1	0,25
Custo	3,1	0,19
Tempo	2,8	0,17
Ambiental	3,0	0,19
Industrial	3,3	0,20

Tabela 6 – Definição dos pesos de cada subcritério

Critério	Subcritério	μ	Peso
Qualidade	Peças Avariadas	4,9	0,60
	Durabilidade	3,3	0,40
Custo	Impacto PRF	4,1	0,33
	Investimento Inicial	3,1	0,25
	Manutenção	3,0	0,24
	Frete de Retorno	2,2	0,18
Tempo	Planning	2,7	0,49
	Disponibilidade	2,8	0,51
Ambiental	Impacto ambiental	3,0	1,00
Industrial	Armazenamento	3,2	0,49
	Operação	3,3	0,51

Para essa equipe o critério qualidade é o mais importante, coerente, uma vez que a principal função de uma embalagem é transportar de forma segura o produto mantendo a integridade da peça do Fornecedor ao Cliente.

4.2. Coleta dos dados de Cada Subcritério

As tabelas 7,8,9,10 e 11 mostram a coleta dos dados quantitativos de acordo com cada subcritério, onde cada tabela foi filtrada por critério. Para o critério qualidade a seleção dos valores quantitativos foi realizada pelo histórico de anomalias dos produtos por tipo de embalagem.

Tabela 7 – Desempenho das Embalagens de acordo com o Critério Qualidade

	Peças Avariadas (R\$/Peça)	Durabilidade (Viagens)
Retornável KLT CLI	0,02	150
Retornável Polionda CLI	0,05	100
Retornável KLT CLI	0,02	150
Descartável FNR	0,28	1
SOMATÓRIO	0,37	351

Para o critério custo, os valores foram obtidos através do sistema SAP, cotação de frete através do fornecedor de transporte e histórico do custo de manutenção de embalagem realizado internamente.

Tabela 8 – Desempenho das Embalagens de acordo com o Critério Custo

	PRF (R\$/peça)	Investimento Inicial (R\$)	Manutenção de Embalagem (R\$/peça)	Frete de Retorno (R\$/peça)
Retornável KLT CLI	0,169	1575	0,002	0,32
Retornável Polionda CLI	0,169	1575	0,002	0,32
Retornável KLT CLI	0,379	0	0,000	0,32
Descartável FNR	0,379	0	0,000	0,04
SOMATÓRIO	1,096	3150	0,004	1,00

Para o critério tempo, os dados foram obtidos através de consulta aos fornecedores de embalagem e peça.

Tabela 9 – Desempenho das Embalagens de acordo com o Critério Tempo

	Planning de Aplicação (Dias)	Disponibilidade no circuito (Dias)
Retornável KLT CLI	60	60
Retornável Polionda CLI	60	60
Retornável KLT CLI	5	60
Descartável FNR	5	5
SOMATÓRIO	130	185

Para o critério ambiental, o cálculo do impacto foi realizado através do peso (kg) de material descartável gerado por cada tipo de embalagem. Hoje 100% desse resíduo é coletado por uma empresa de reciclagem.

Tabela 10 – Desempenho das Embalagens de acordo com o Impacto Ambiental

	Impacto Ambiental (kg / dia)
Retornável KLT CLI	0,250
Retornável Polionda CLI	0,250
Retornável KLT CLI	0,250
Descartável FNR	5,250
SOMATÓRIO	6,000

Os dados do critério industrial foram obtidos por pesquisas internas junto aos engenheiros, são dados padrões para cálculo de superfície e mão de obra.

Tabela 11 – Desempenho das Embalagens de acordo com o Critério Industrial

	Armazenamento do Material (quantidade empilhada / m ²)	Abertura de Embalagem (Min / abastecimento)
Retornável KLT CLI	500	0,05
Retornável Polionda CLI	400	0,05
Retornável KLT CLI	500	0,05
Descartável FNR	300	1,70
SOMATÓRIO	1700	1,85

4.3. Aplicação do Software *Super Decision*

O *software* escolhido para auxiliar na modelagem do problema foi o *Super Decision*, o mesmo tem sido utilizado em muitas áreas de pesquisa e prática e pode ser utilizado para modelagem tanto de métodos AHP como ANP.

Os objetivos, critérios, subcritérios e alternativas foram inseridos, assim como os dados coletados para cada subcritério e os pesos determinados pelo questionário aplicado, no *Super Decision*, com isso foi gerado o Modelo Hierárquico AHP esquematizado na figura 3.

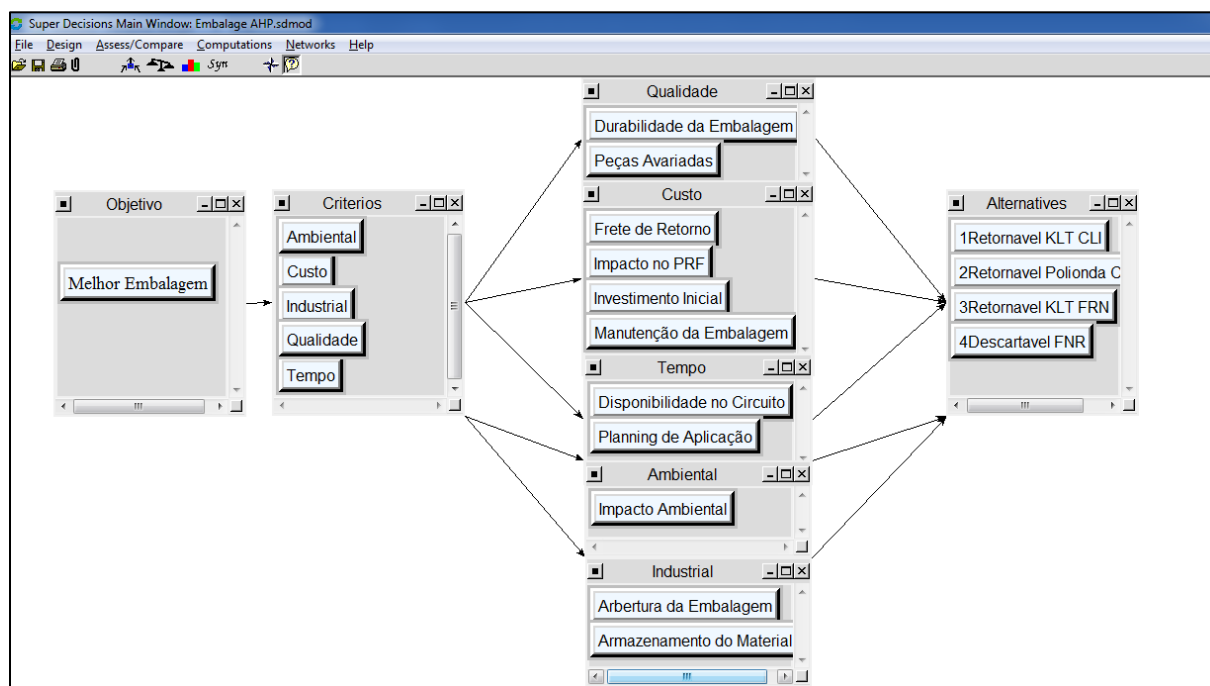


Figura 3 – Modelo Hierárquico AHP no *Super Decision*

A escala de Staaty (Tabela 1) foi considerada nessa fase para a comparação par a par dos critérios e subcritérios para definição final dos pesos.

Após a aplicação do *Super Decision*, a embalagem a ser escolhida de acordo com os critérios e subcritérios definidos pelos gestores foi a Emabalgem Retornável KLT FNR gestionada pelo Fornecedor conforme síntese na figura 4. A mesma se sobressaiu devido a ser uma das melhores nos critérios Qualidade, Ambiental, Industrial, além de alguns subcritérios de Custo, como não será necessária uma equipe dedicada para realizar a manutenção das embalagens e nem investimento inicial para sua utilização.

Como segunda opção, a Embalagem Retornável KLT CLI gestionada pelo Cliente. Favorecida também pelo bom desempenho nos critérios de Qualidade, Industrial e Ambiental, e muito próxima como terceira e quarta opção as Embalagens Descartáveis e Embalagens retornáveis de Polionda.

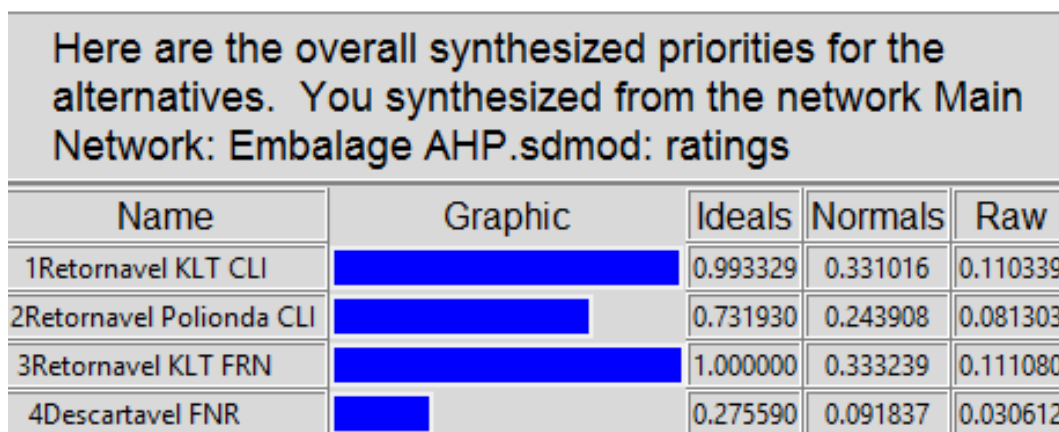


Figura 4 – Priorização do Tipo de Embalagem no *Super Decision*

4.4. Análise de Consistência

Com auxílio do Software *Super Decision* foi possível realizar a análise de consistência para as onze matrizes de subcritérios. Para que uma matriz possa ser considerada consistente, o índice de consistência deve ser menor que 0,1 (SAATY, 2008). No trabalho apresentado, as matrizes provaram-se consistentes, mostrando que os dados coletados podem ser considerados aceitáveis em termos de coerência, lembrando que é muito difícil a obtenção de uma matriz com juízos de valores completamente coerentes (MENEZES ET AL., 2008).

4.5. Análise de Sensibilidade

É importante analisar o quão sensível é a alternativa selecionada quanto às mudanças no necessário. Para esse estudo decidimos escolher o critério Custo e o subcritério Impacto PRF, para a Embalagem Retornável KLT fornecedor não se tornar a escolhida a variação do Impacto PRF deve ser superior a 73,4%, acima dessa variação a Embalagem KLT Cliente passa a ser a escolhida. A análise de sensibilidade é importante ser executada, pois o mundo está em constante mudança e é função do gestor garantir a boa análise do cenário ao seu redor, qualquer que seja a mudança desse cenário pode impactar futuramente na escolha executada no presente.

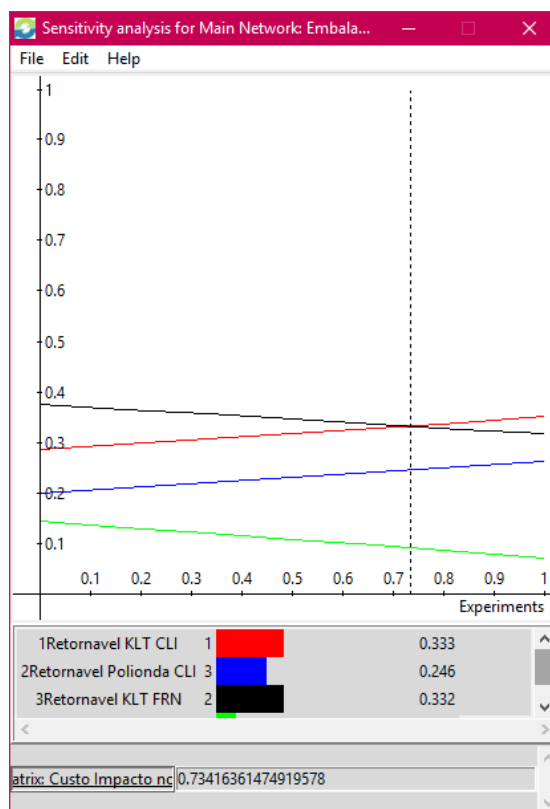


Figura 5 – Análise de Sensibilidade no *Super Decision*

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método AHP mostrou-se útil para a priorização das embalagens a serem utilizadas no projeto de integração local dos componentes, mostrando que para esse componente automotivo específico a melhor embalagem a ser utilizada é a Embalagem Retornável KLT do Fornecedor. Porém é sempre importante o gestor analisar a sensibilidade dos critérios e está atento as mudanças do mercado, para garantir efetivamente que a escolha foi a mais adequada.

6. REFERÊNCIAS

AHARONOVITZ, M. C. S.; VIEIRA, J. G. V. Proposta de modelo multicritério para seleção de fornecedores de serviços logísticos. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 1, jan-mar/2014, p. 9-26

BESTEIRO, A. M., PAIVA, G., MIUCCIATO, V., & BUENO, J. A Utilização do método AHP para traçar, como ferramenta para o auxílio a decisão de um candidato, a escolha de um curso de engenharia, 2009.

CARVALHO, K. M.; PESSÔA, L. C. Classificação de Projetos: um estudo da aplicação do método AHP. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, São Paulo, Ano 12, nº 1, jan-abr/2012, p. 280-298.

COSTA, H. G. Auxílio multicritério à decisão: método AHP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006.

EDUARDO, C., AZEVEDO, R., BENITO, E., & MEZA, M. Aplicação Do Método De Análise Hierárquica (Ahp) Para Seleção De Um Sistema De Software De Gestão Previdenciária Para Um Instituto De Previdência Social, 1–14, 2009.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARINS, C. S., SOUZA, D. DE O., & BARROS, M. DA S. O Uso Do Método De Análise Hierárquica (AHP) Na Tomada De Decisões Gerenciais - Um Estudo. *Xli Sbpo*, 11, 2009.

MENEZES, A. B., BELDERRAIN, M. C. N. Método de Análise Hierárquica (AHP) em priorização de fundos de investimento. 14º encontro de iniciação científica e Pós-Graduação do ITA, outubro de 2008.

OLIVEIRA F. M., A importância das Embalagens na Logística.2011. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos>>. Acesso em: 23,abril,2016

PEIXOTO, M. G. M.; GONÇALVES, E. J. V.; CASTRO, C. C.; ÁZARA, L. N.; CANDIAN, N. F. Logística Reversa no setor automobilístico: um estudo em empresas multinacionais do sul de Minas Gerais. ABEPRO, XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo, 2010.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 80-100, 2008

SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process. Tradução e revisão por Wainer da Silveira e Silva, McGraw-Hill, Makron, São Paulo, SP, Brasil, pp. 278, 1991.

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. *Simpoi*, 1–12, 2009.

ZELENY, M. Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill, 1982.