

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA A SELEÇÃO DE PROJETO DE INVESTIMENTO PARA UMA EMPRESA DO SETOR FERROVIÁRIO

Caique Pereira de Almeida
caiquepereira@id.uff.br
UFF

Cecilia Toledo Hernandez
ctoledo@id.uff.br
UFF

Newton Narciso Pereira
newtonpereira@id.uff.br
UFF

Resumo: Nos dias atuais a logística e a cadeia de suprimentos vêm ocupando posição estratégica no mundo dos negócios, os custos logísticos são responsáveis por 8% dos custos médios das empresas brasileiros, sendo o setor de transporte correspondente a aproximadamente 50% dos custos logísticos. O setor ferroviário, como membro do setor de transportes, está inserido no cenário apresentado, dentro desse contexto, realizar investimentos em projetos de forma correta, é fundamental para obtenção de bons resultados das companhias ferroviárias, e conseqüentemente reduzir os custos da cadeia logística brasileira. Dessa forma, o objetivo do artigo é avaliar quais atributos são mais importantes para a empresa realizar o investimento no portfólio de projetos, de tal forma que reduza o risco de uma decisão equivocada. Esse problema pode ser caracterizado como decisões sob múltiplos critérios, pois a empresa deve avaliar o cenário global de critérios como econômico, satisfação dos clientes, segurança e estratégico. Para responder esse problema, foi definido a utilização do método da análise hierárquica (AHP), por ser uma técnica amplamente utilizada em pesquisas científicas além de apresentar características de baixo custo de implementação e rapidez. Devido à complexidade do serviço prestado pela empresa, a pesquisa utiliza a técnica do estudo de caso. Por fim, pôde-se observar que a ferramenta foi eficiente em sua proposta e gerou um grau de consistência na tomada de decisão empresarial que até o momento não existia.

Palavras Chave: Ferrovia - Seleção de Projetos - Método AHP - Processo Decisório -

1. INTRODUÇÃO

A logística e a cadeia de suprimentos há muito tempo assumiram posição estratégica nas tomadas de decisões empresariais, tornando-se essenciais para o sucesso dos negócios. Essa mudança de cenário do setor, se justifica pela alta representatividade dos custos logísticos na receita bruta das empresas brasileiras, ocupando em média 8% do total dos custos. O setor de transportes, responsável por movimentação de bens, serviços e pessoas, absorve metade (50%) desses custos.

O modal ferroviário Brasileiro assim como a economia mundial, vivem um momento bastante particular causado pela pandemia do Covid-19. O cenário de incerteza vem intensificando cada vez mais a busca das empresas em redução de custos. As organizações têm superado barreiras para se manterem competitivas no mercado, por essa razão as tomadas de decisões devem ser cada dia mais eficientes, pois em momentos de crise os erros podem ser fatais.

Em meio a tantos desafios, os métodos de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), surgem como ferramentas de apoio aos processos decisórios, fundamentais para resolver problemas gerenciais de decisões complexas. Dentre estes, o mais conhecido e utilizado, o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), criado por Tomas L. Saaty na década de 70. Segundo Gandzol (2005), a estrutura do método AHP consiste em uma estrutura de critérios e sub-critérios cascadeados de acordo com o objetivo, a fim de comparar os pares de cada nível hierárquico com os pesos pré-estabelecidos.

Após esse período conturbado da pandemia e renovação da concessão das empresas ferroviárias, uma empresa do setor se prepara para a construção do seu portfólio de projetos. Com o objetivo estratégico de aumentar o *share* do transporte de cargas geral, a companhia busca realizar investimentos em áreas operacionais que disponibilizem capacidade competitiva com os principais concorrentes no segmento citado. Por se tratar de uma mudança de foco operacional na empresa, existem muitas alternativas para investimento por parte da companhia, contudo a empresa não possui recurso suficiente para investir em todas, o que torna a decisão complexa.

O problema apresentado pode ser auxiliado pelos métodos de Apoio Multicritério a Decisão, com a problemática decisória apresentada, entende que o método de Processo de Análise Hierárquico (AHP), é capaz de estruturar uma análise rápida e de baixo custo, que

auxilie o processo decisório de investimentos em áreas operacionais, a fim de aumentar a confiabilidade na decisão do investimento que será realizada pela empresa.

O presente artigo está organizado em quatro seções. Na seção dois é apresentada a metodologia de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) abordada pelos pesquisadores no desenvolvimento da pesquisa. Na seção três é analisado o estudo de caso que tem como objetivo a implementação do método AHP no processo de seleção de projetos no portfólio de uma empresa ferroviária. Por fim, na seção quatro é apresentado as considerações finais e conclusões definidas pelos pesquisadores.

2. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Desenvolvido por Tomas L. Saaty na década de 70, o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é o mais conhecido e utilizado para apoio de complexos processos decisórios. O AHP permite a análise de dados quantitativos e qualitativos para identificar a melhor alternativa e determinar as prioridades.

Segundo Ishizaka e Nemery (2013), o método AHP consiste em aplicar quatro etapas para obter o ranking com as alternativas mais interessantes para o objetivo:

- i. Estruturação do problema:** A primeira etapa deve ser elaborar a estruturação do problema na forma hierárquica, onde no topo da hierarquia deve conter o objetivo da tomada de decisão. No segundo nível deve ser adicionado todos critérios definidos para a resolução do problema. O terceiro nível deve ser composto pelas alternativas a serem analisadas. Problemas com alto grau de complexidade podem ter mais níveis, esses serão representados por subcritérios definidos para melhorar a estruturação do problema. Contudo o método AHP exige que no mínimo três níveis sejam utilizados. A figura 1 apresenta um modelo de organização dos parâmetros na forma hierárquica, porém não é o único modelo existente na teoria.

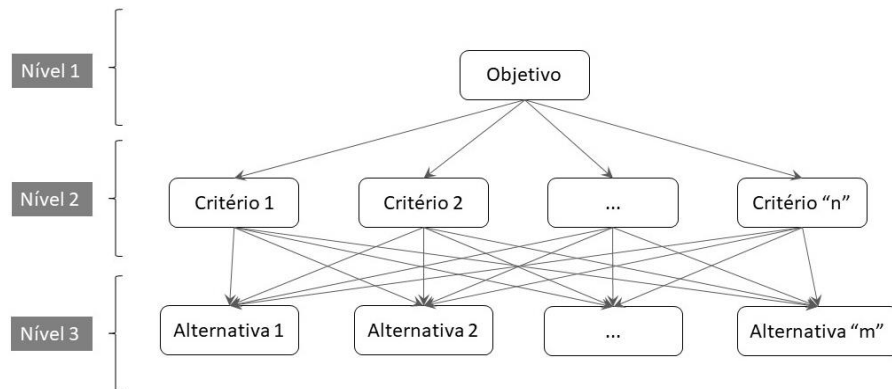


Figura 1: Estrutura Hierárquica Básica

Fonte: Autoria própria, 2021.

- ii. Cálculo de prioridades:** Após definir os critérios e alternativas o método fundamenta-se na construção do ranking de importância dos critérios e alternativas. Dessa forma é necessário calcular a priorização dos critérios, a priorização das alternativas locais e a priorização das alternativas globais. A priorização dos critérios e alternativas locais é calculada baseada em cálculos binários, comparando o par de alternativas ou critérios e atribuindo peso de importância, conforme apresentado pela escala fundamental de Saaty, conforme a tabela 1. A priorização das alternativas globais é calculada baseado nos resultados encontrados nos cálculos das priorizações locais.

Tabela 1: Escala fundamental de Saaty.

Escala numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elemento são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0.1.	Usados para graduações mais finas das opiniões.

Fontes: Roche, 2004.

As comparações são representadas em forma matricial, a quantidade de julgamentos necessários para preenchimento da matriz é igual a $\frac{n^2-n}{2}$, onde “n” é o número de

alternativas ou critérios. A matriz quadrada deve apresentar as seguintes características:

- A diagonal principal receberá o valor = 1, pois um elemento é igualmente importante quando comparado com ele mesmo.
- Quando comparado um critério C1 com outro critério C2, a comparação de C2 com C1 deve ser o inverso do resultado anterior.

iii. Verificação de consistência: O fator humano pode gerar erros de consistência nas informações utilizadas, para evitar contradições deve ser verificado através de modelo matemático se os dados são confiáveis. A causa desse tipo de problema pode vir de diversas origens, tais como: informações incoerentes, problemas mal definidos, falta de precisão e informação. Para calcular a relação de consistência (RC) são utilizadas as fórmulas 1 e 2:

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (2)$$

- IC = Índice de Consistência
- RC = Relação de Consistência
- λ = Média das medidas de consistência
- n = Quantidade de alternativas
- IA = Índice de Consistência Aleatória

iv. Análise de sensibilidade: A última etapa para alcançar o objetivo é a análise de sensibilidade, ela permite variar os dados utilizados para observar os impactos gerados em diferentes cenários. Quando os resultados sofrem pouco ou nenhum impacto, os mesmos podem ser considerados sólidos, caso contrário, são classificados como sensíveis.

Bella et al. (2014) aplicou a ferramenta *Analytic Hierarchy Process* para selecionar projetos em uma empresa de consultoria de Engenharia Civil, e observou que a ferramenta trouxe consistência e velocidade para as tomadas de decisões. Naimer et al. (2016) também utilizou a metodologia em processos decisórios de uma empresa do setor de transporte de cargas do estado do Rio Grande do Sul, e obteve em seu estudo o fator que mais influencia nas decisões de solicitações de serviços para o transporte de carga. Após a criação de Saaty

(década 70), a ferramenta vem expandindo seu horizonte de atuação e ganhando cada vez mais importância no meio empresarial e acadêmico.

3. ESTUDO DE CASO

O setor de operações da empresa estudada tem o foco principal em garantir a operação do transporte de cargas pela malha férrea, além disso atua em diversas frentes de projetos de melhoria. Aproximando do processo de renovação da concessão da malha ferroviária por mais trinta anos, a empresa apresenta aumento na demanda por novas iniciativas. Ao definir os projetos a serem desenvolvidos, os líderes de projetos da companhia avaliam em sua grande maioria apenas o critério do retorno financeiro envolvido na implementação do projeto, deixando critérios importantes fora da tomada de decisão.

A solução para esse problema é a aplicação de métodos de seleção de projetos que envolvam todos os critérios que devem ser analisados, e dessa maneira melhorar a eficiência na definição de investimentos. Esses métodos podem ter características quantitativas e qualitativas, porém quando envolve análise qualitativa existe um caráter subjetivo no estudo.

Os projetos avaliados fazem parte do portfólio do setor de operações da empresa, que foram gerados através de um evento de *brainstorming* entre as lideranças da empresa com foco em definir as maiores “dores” das áreas operacionais. A companhia está estudando e buscando consultorias para desenvolver os projetos mapeados, contudo deseja direcionar os esforços apenas para a alternativa que gera maior valor para companhia. Os projetos foram nomeados em A, B, C e D e todos eles apresentam focos diferentes, porém têm em comum a busca por soluções em problemas crônicos da companhia.

3.1 METODOLOGIA

Para resolver o problema apresentado, está sendo proposto a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, ele apoia a tomada de decisões através de níveis hierárquicos e cálculos matemáticos com a proposta de classificação das alternativas mais importantes em relação aos critérios estabelecidos. Para estabelecer os pesos e os critérios, foram realizadas rodadas de entrevistas com três especialistas do setor de operações envolvidos em grandes projetos na companhia. Os projetos que a companhia busca realizar a seleção, foram estudados e analisados em relação as respectivas características e expectativas envolvidas.

Além disso, foi utilizado a ferramenta computacional gratuita para projetos acadêmicos, conhecida como *SuperDecisions*, foi desenvolvida por Bill Adams e Elena

Rokou e a equipe de desenvolvimento da fundação *Creative Decisions*. O software auxilia a tomar decisão de forma racional com base nos métodos *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Analytic Network Process* (ANP) de tomada de decisão multicritério, nesse estudo será abordado apenas os conceitos do AHP.

Enfim, os resultados obtidos foram analisados e validados junto ao time da companhia ferroviária com propósito de aplicar a metodologia em outros estudos similares, garantindo a melhor eficiência no gerenciamento do portfólio de projetos.

3.2 MODELAGEM DO MÉTODO AHP

Após definir os parâmetros do modelo, as entrevistas com o corpo técnico da companhia foram instrumentos utilizados na aplicação do método AHP, e dessa forma foi possível definir o grau de importância de cada critério baseado na escala de Saaty, e também classificar as alternativas mais relevantes de acordo com cada critério mapeado.

No atual cenário da companhia, os especialistas entraram em consenso a respeito dos quatro principais critérios que deverão ser considerados: Satisfação do cliente, segurança, econômico e estratégico. As alternativas serão os quatro projetos em estudo, sendo o projeto A com foco em melhoria dos ativos, o projeto B com foco em melhoria na qualidade de informações, o projeto C com foco em otimização nas relações comerciais e por fim o projeto D com foco em tecnologias para melhoria na qualidade do processo.

É fundamental organizar as definições em uma hierarquia, sendo o primeiro nível composto pelo objetivo do estudo, que é selecionar o projeto que mais gere valor para companhia, o segundo nível é representado pelos critérios e por fim no terceiro nível estão as alternativas, que para o estudo em questão é a carteira de projetos. Na figura 2, está representado o modelo hierárquico com os parâmetros definidos.

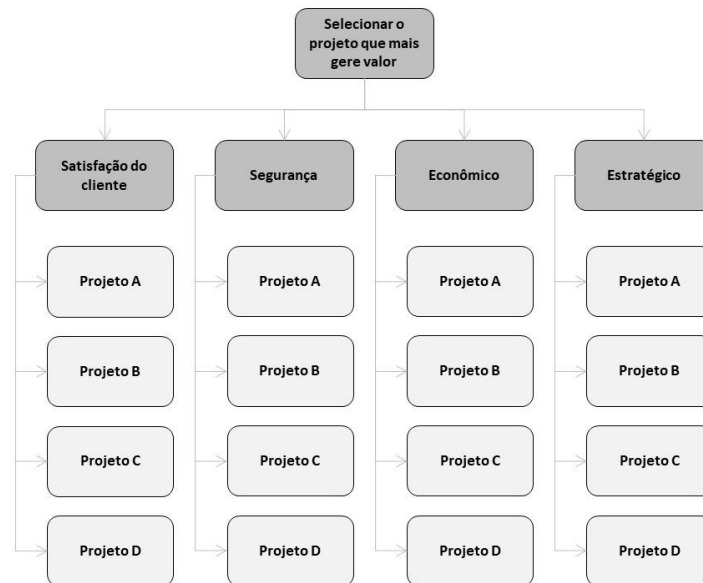


Figura 2: Modelo hierárquico de estruturação do problema

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na etapa seguinte os especialistas foram responsáveis por comparar par a par os critérios definidos na etapa anterior, atribuindo valores numéricos para cada uma das avaliações de acordo com a escala fundamental de Saaty. Em seguida, os colaboradores realizaram a comparação similar a anterior com atribuição de valores numéricos, entre os projetos e cada um dos critérios estabelecidos. Os resultados dessas comparações foram organizados em matrizes para utilização do algoritmo no método AHP.

Determinado as comparações dos critérios e alternativas, a etapa posterior foi de implementação do software *SuperDecisions* para calcular as prioridades médias locais e a consistência dos dados. Vale lembrar que as prioridades médias locais são utilizadas para calcular a prioridade média global, que apresenta a classificação das alternativas diante do objetivo.

1) Vetor de priorização dos critérios

Após estruturar a matriz de comparação dos critérios com os valores estabelecidos pelos especialistas de acordo com a escala fundamental de Saaty, foi calculado o vetor de priorização dos critérios, também conhecido como vetor de Prioridade Média Local (PML). Na tabela 2, pode-se observar o grau de prioridade dos critérios definidos. Para o caso estudado, o critério de segurança é definido com maior prioridade pois possui o maior valor no vetor de priorização, com 52,22% da preferência entre os critérios.

Tabela 2: Vetor de priorização dos critérios

Matriz	Satisfação Cliente	Segurança	Econômico	Estratégico	Vetor de Priorização
Satisfação Cliente	1	0,33	3	1	0,19983
Segurança	3	1	5	3	0,52224
Econômico	0,33	0,2	1	0,33	0,19983
Estratégico	1	0,33	3	1	0,07809

Fonte: Autoria própria, 2021.

A empresa apresenta fortes diretrizes de segurança em sua área operacional. Dessa maneira, já era esperado que o critério de segurança fosse classificado como o de maior preferência.

2) Vetor de priorização das alternativas

O próximo nível de comparações paritárias ocorre entre as alternativas e os critérios, avaliando os projetos quanto a sua prioridade em relação a cada critério. Após os julgamentos são calculados os respectivos vetores de priorização, similar a etapa anterior.

Tabela 3: Vetor de priorização das alternativas por critérios

Matriz	Satisfação Cliente	Segurança	Econômico	Estratégico
Projeto A	0,0942	0,5831	0,5222	0,0553
Projeto B	0,6574	0,0849	0,1998	0,5650
Projeto C	0,2027	0,0425	0,0781	0,1175
Projeto D	0,0457	0,2895	0,1998	0,2622

Fonte: Autoria própria, 2021.

Como pode ser observado na tabela 3, quando é avaliado exclusivamente o critério de segurança, que possui o maior valor PML entre os critérios, a alternativa do projeto A deveria ser a primeira escolhida e em segunda opção a alternativa do projeto D, pois são os que apresentam maior valor de priorização entre as alternativas estudadas, com 58,31% e 28,95% respectivamente.

3) Consistência dos dados

A fim de evitar erros humanos nos dados utilizados, foi verificado o grau de consistência das análises comparativas, e todas elas apresentaram coeficiente menor que

7%. Segundo referência estabelecida por Togatlian et al. (2006) para análises com quatro alternativas a relação de consistência é aceitável quando o valor está abaixo de 0,09 ou 9%. Dessa maneira, os valores utilizados apresentam consistência necessária para realizar a análise.

4) Resultado Final

Para conclusão do método AHP, foi calculada a matriz consolidada de priorização das alternativas em relação ao objetivo principal, também conhecida como vetor Prioridade Média Global (PMG), os dados alcançados podem finalmente serem utilizados para a tomada de decisão na seleção do projeto. Conforme apresentado na tabela 4, o projeto A gera maior valor para a companhia com 37,52% de preferência, baseado na modelagem estabelecida para o problema apresentado.

Tabela 4: Vetor consolidado de priorização das alternativas

Matriz	Vetor de priorização
Projeto A	0,3752
Projeto B	0,3042
Projeto C	0,0923
Projeto D	0,2283

Fonte: Autoria própria, 2021.

Definida a melhor alternativa, a próxima etapa é a apresentação e validação do método com a alta gerência, nessa etapa é imprescindível que o método seja bem detalhado para justificar cientificamente a tomada de decisão.

4. CONCLUSÃO

Sabendo da grande importância da área de análise multicritério a decisão para as organizações, a ferramenta computacional *Analytic Hierarchy Process* (AHP) se mostra muito eficaz para as tomadas de decisões empresariais, pois é uma ferramenta de baixo custo e rápida implementação com decisões consistentes e apoiadas em modelos matemáticos. A AHP é um diferencial competitivo, pois em um cenário cada vez mais disputado e com foco em redução de custos, é fundamental reduzir a probabilidade de erros quando aplicados grandes investimentos.

Para o caso real estudado, a ferramenta se mostrou adequada ao processo decisório, classificando a carteira de projetos de acordo com sua geração de valor para companhia. A metodologia além de definir o projeto que deve receber o investimento, determina a classificação das outras alternativas, facilitando as próximas decisões estratégicas da organização. Para isso, os responsáveis por praticar o processo de seleção de projetos na organização deve conhecer bem os conceitos da metodologia e o problema para usar a ferramenta de forma consistente e com qualidade.

A utilização do software *SuperDecisions* ou qualquer outra ferramenta computacional com as mesmas características é fundamental para reduzir o tempo dispendido nos cálculos matemáticos, além disso reduz a chance de erro humano. A pesquisa apresentou a metodologia aplicada no caso de seleção de projetos, porém poderia ser facilmente utilizada para outros objetivos, dos mais simples aos mais complexos, como: escolha de fornecedores, seleção de novos colaboradores, decisões de investimentos financeiros, dentre outras.

Como proposta para estudos futuros, é recomendável abordar mais colaboradores da companhia para definir a classificação paritária dos critérios e alternativas, pois houve disparidade de informações entre os dados coletados com apenas três especialistas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUTRIM, S. S. ; SANTOS, A. S. ; Robles, L. ; PEREIRA, N. N. . Potencial e limitações para o escoamento de soja pelos portos da região norte. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.

D'ANGELO, R. C. O. “Aplicação do Método AHP para Escolha de um Fornecedor de Testes de HIV em um Laboratório de Análises Clínicas”. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, 2019. Disponível em: <
https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1888/1/MONOGRAFIA_Aplica%C3%A7%C3%A3oM%C3%A9todoAHP.pdf>

FILHO, Altair dos Santos Ferreira. Gestão da Cadeia de Suprimentos. FGV.

GRANDZOL, J.R. Improving the faculty selection process in higher education: A case for the analytic hierarchy process. IR Applications, v. 6, n. 24, 2005.

ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Phillipe. “Multi-Criteria Decision Analysis – Methods and Software”. John Willey. 2013.

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. 4ª Edição. Elsevier. 2015.

RANGEL, Luis Alberto Duncan; GOMES, Luiz Flavio Autran Moneteiro. “O Apoio Multicritério à Decisão na Avaliação de Candidatos.” 2010.

ROCHE, H.; VEJO, C. Analisis multicriterio em la toma de deciosiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP. 2004. Material apoyo AHP, 11 f

STACIARINI, Thiago Lopes. "Aplicação do Método da Análise Hierárquica (AHP) no Estudo de Fornecedores com Atrasos nas Entregas". 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2016. Disponível em: <<http://www.tcc.usp.br>>

TOGATIAN, M. A. P.; CORREIA, A. R.; BELDERRAIN, M. C. N. A Modeling Tool to Assist on the Decision Process of Determining the Optimal Location of an Industrial Airport in Brazil. In: Simpósio de Transporte Aéreo, Brasília, 2006.

BELLA, R. L. F.; MESQUITA, A. F.; MARTINS, E. F. Análise Multicritério na Seleção de Projetos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014.

NAIMER, S. C.; DA SILVA, J. O.; FLORIANO, J.; TEZZA, R. Tomada de Decisões Gerenciais em Empresas do Setor de Transporte de Carga: Utilização do Método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) para Definição de Fatores de Influência. Revista Gesto, 2016.