



## **Apoio Multicritério à Decisão para Identificar *Benchmarks* de Projetos de Embarcações Regionais da Amazônia<sup>1</sup>**

**José Teixeira de Araújo Neto Santos<sup>2</sup>, Rafael Lima Medeiros<sup>3</sup>, Nelson Kuwahara<sup>4</sup>, João Caldas do Lago Neto<sup>5</sup> e Waltair Vieira Machado<sup>6</sup>**

*Submetido 12/11/2014 – Aceito 12/03/2014 – Publicado on-line 24/03/2015*

### **Resumo**

O transporte fluvial realizado por embarcação mista, que movimenta carga e passageiro, é uma das principais características do sistema de transporte da Amazônia Ocidental. Estas embarcações influenciam na competitividade do setor produtivo regional que em função da qualidade, do risco, da confiabilidade e da segurança do serviço, torna a região pouco atrativa ao capital produtivo. A presente pesquisa realiza uma aplicação do método multicritério, AHP, para selecionar a embarcação *benchmark*. O método proposto utiliza os conceitos de projetos universais e de usabilidade que influenciam na eficiência das embarcações o que permitiu definir o *benchmark* e produzir um mecanismo de avaliação e de orientações.

**Palavras-Chave:** multicritério, seleção, embarcações e Amazônia.

**Multicriteria decision support to identify benchmarks of Amazonian regional vessel Projects.** The inland waterway transport carried out by mixed vessel, which moves cargo and passengers, is one of the main features of the transport system in the Western Amazon. These vessels influence the competitiveness of the regional productive sector in terms of quality, risk, reliability and security of service, makes the region less attractive to productive capital. Thus, this research conducts an application of multicriteria method, AHP, for choice of the benchmark vessel. The proposed method uses the concepts of universal design and usability that influence the efficiency of the vessels that allow setting the benchmark and produce a mechanism for evaluation and guidance.

**Key-words:** multicriteria, choice, vessels and Amazon.

---

<sup>1</sup> O artigo é resultado de projeto de pesquisa apoiado pelo FINEP, MCT e CNPq.

<sup>2</sup> Pesquisador, INTRA, R. Ferreira Pena, 1444 A, Centro, 69007-830, Manaus, AM, Brasil, [teixeira\\_amb@hotmail.com](mailto:teixeira_amb@hotmail.com).

<sup>3</sup> Pesquisador, INTRA, R. Ferreira Pena, 1444 A, Centro, 69007-830, Manaus, AM, [rafa.comp\\_adm@hotmail.com](mailto:rafa.comp_adm@hotmail.com).

<sup>4</sup> Professor, UFAM, Av. Gal Rodrigo Octavio, 3000, Manaus, AM, Brasil, [nelsonk@ufam.edu.br](mailto:nelsonk@ufam.edu.br).

<sup>5</sup> Professor, UFAM, Av. Gal Rodrigo Octavio, 3000, Manaus, AM, Brasil, [nelsonk@ufam.edu.br](mailto:nelsonk@ufam.edu.br).

<sup>6</sup> Professor, UFAM, Av. Gal Rodrigo Octavio, 3000, Manaus, AM, Brasil, [waltairmachado@ufam.edu.br](mailto:waltairmachado@ufam.edu.br).



## 1. Introdução

Na Amazônia Ocidental o transporte fluvial de carga e de passageiro é realizado em embarcações de madeira, construídas em estaleiros e carreiras do Amazonas.

As embarcações mistas que hoje navegam apresentam características que diminuem a eficiência do principal sistema de transporte da região.

No geral, os projetos das embarcações mistas (passageiro e carga) são de concepção artesanal e não são desenvolvidas segundo as técnicas e recomendações da engenharia.

A consequência deste cenário são os acidentes, provocados pela dificuldade de navegabilidade e operacionalidade das embarcações (KUWAHARA, 2011).

Para Santos et al. (2014), estas embarcações apresentam altos riscos para os usuários, em virtude da falta de qualidade na manutenção das embarcações, do desconforto das acomodações, da superlotação, do carregamento desordenado e da baixa qualidade do serviço prestado.

A presente pesquisa apresenta uma metodologia para selecionar e analisar o *benchmark* de projeto de embarcação, buscando condicionantes e implicações para um novo conceito de embarcação, adaptada as características regionais.

O processo de seleção dos *benchmarks* é realizado através do Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*), que permite identificar a melhor alternativa em um grupo de candidatas, através de critérios de seleção pré-definidos.

## 2. Revisão Bibliográfica

Para Morgado, Portugal e Mello (2012) e Kuwahara, Lago Neto e Abensur (2012), o desenvolvimento de índices e indicadores é uma forma de obter informações e de trazer melhorias para o transporte fluvial na Amazônia.

Para auxiliar os usuários e as empresas de navegação da região Amazônica Morgado, Portugal e Mello (2012), desenvolveu um conjunto de indicadores de desempenho que possibilitam avaliar os atributos dos serviços de transporte longitudinal misto, sendo eles: regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia e modicidade das tarifas. No trabalho os indicadores foram construídos de forma a apontar a frequência

relativa e destacar as empresas de navegação com melhores práticas.

Kuwahara, Lago Neto e Abensur (2012) realizaram uma modelagem da dinâmica hidrológica para previsão das variações de cotas dos rios. A ferramenta está baseada no modelo estatístico ARIMA, e como variável de análise e sustentação do modelo as cotas dos rios. A ferramenta possibilitou processamento, análise e geração de informações de previsão de níveis dos rios e por consequência planejamento de viagens e embarcações, com uso de sistema web para disponibilizar o acesso ao modelo.

Silva Teles (2012) realizou uma análise ergonômica em embarcações do estado do Rio de Janeiro com o objetivo de propor melhorias. Pois, para os autores, as embarcações que operam na região não atendem as normas portuárias e ergonômicas. Assim, a pesquisa baseou-se nos procedimentos de delimitação e categorização dos problemas ergonômicos, onde foram levantadas deficiências e falhas específicas, para chegar a uma proposta ergonômica que atenda de modo eficiente, as necessidades do sistema.

Santos et al. (2014) avaliou o transporte de passageiros na Amazônia Ocidental com foco nos serviços oferecidos aos usuários. Para o autor, a baixa qualidade oferecida no transporte aquaviário de passageiros é ocasionada pela falta de compromisso das autoridades públicas em regulamentar o transporte na região e pela falta de conscientização ou desconhecimento, dos usuários, de um serviço que proporcione maior qualidade e segurança. A pesquisa apresenta duas metodologias de gestão da qualidade que possibilitam auxiliar os gestores na tomada de decisões voltadas à melhoria da qualidade do serviço, segundo evidências concretas do desempenho do sistema sob a ótica dos clientes.

## 3. Método AHP

O Método Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) surgiu na década de 70 e foi desenvolvido por Thomas Saaty para auxiliar na resolução de problemas complexos de tomada de decisão (AHSAN e BARTLEMA, 2008).

Segundo Saaty (2004), o método AHP é baseado no procedimento de comparações par-a-par (*pair wise comparisons*). Com base nas comparações de especialistas, obtêm-se as matrizes de julgamentos, de tal forma que  $A = [a_{ij}]$ , onde  $i, j = 1, 2, \dots, m$ , que traz o

resultado das comparações de pares de elementos em um nível da estrutura hierárquica.

A matriz de julgamento ou matriz de decisão é positiva ( $a_{ij} > 0$ ), quadrada recíproca  $n \times n$ , tal que  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$  e com valores unitários na diagonal principal ( $a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$ ). O valor  $a_{ij}$  representa a importância ou preferência relativa e assumem valores de 1 a 9, conforme a escala proposta por Saaty (2004). Então, satisfazendo as propriedades citadas chega-se a uma distribuição de pesos por critérios.

No AHP, após a obtenção das matrizes de julgamento ocorrem as etapas de normalização destas matrizes, os cálculos de Prioridades Médias Locais – PML e as Prioridades Médias Globais - PG. A equação (1) é referente à normalização da matriz de julgamento.

$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik} \quad (1)$$

A PML (2) é obtida para cada um dos nós de julgamentos, pelas médias das linhas da matriz de julgamento normalizada. Após a conclusão dos cálculos das PML, é possível verificar quais alternativas obtiveram as maiores prioridades em relação ao critério julgado.

$$w_k = \sum_{i=1}^n a'_{ij} / n \quad (2)$$

Para calcular a PG (3) é necessário combinar as PML relativas das alternativas e critérios. Os elementos de PG armazenam os desempenhos (prioridades) das alternativas à luz do foco principal.

$$c_d = \sum_{t=1}^{nt} w_t \prod_{i=1}^{nl-1} W_i \quad (3)$$

A estrutura hierárquica das alternativas é obtida por meio de *autovetores* e *autovalores*, que possibilitam o aparecimento de inconsistência no procedimento de comparação. A presença de inconsistência nos julgamentos introduz intransitividades nesta matriz. Para mensurar a intensidade ou grau da inconsistência de uma matriz de julgamentos é necessário avaliar o quanto o maior autovalor desta matriz se afasta da ordem da matriz. Saaty (1980) propõe a equação (4) para o cálculo do Índice de Consistência – IC.

$$IC = \frac{|\lambda_{max} - N|}{N - 1} \quad (4)$$

Para concluir sobre a consistência da matriz, o índice IC deve ser comparado com um índice aleatório de consistência IR. Valores de IR para matrizes de diferentes ordens são apresentados em Saaty (1980). Por fim, a consistência da matriz de comparações é medida a partir da Razão de Consistência – RC, dada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

O valor limite para a RC proposto por Saaty (1980) é 0,1. Neste caso se a matrizes de julgamento apresentar  $RC > 0,1$  devem ter suas comparações revistas em busca de uma melhor consistência ( $RC \leq 0,1$ ).

#### 4. Problema da embarcação benchmark

O problema proposto para o trabalho envolve a ordenação dos projetos de embarcação, visando ao estabelecimento de *benchmark*, ou seja, definir uma medida global para cada alternativa, indicadora de sua posição relativa numa ordenação final.

A estrutura hierárquica para ordenação do projeto de embarcação, apresentada na Figura 1, foi obtida de forma interativa, em reuniões sucessivas com os coordenadores e pesquisadores do projeto “Pesquisa e Desenvolvimento de Projetos de Embarcações Regionais na Amazônia”.

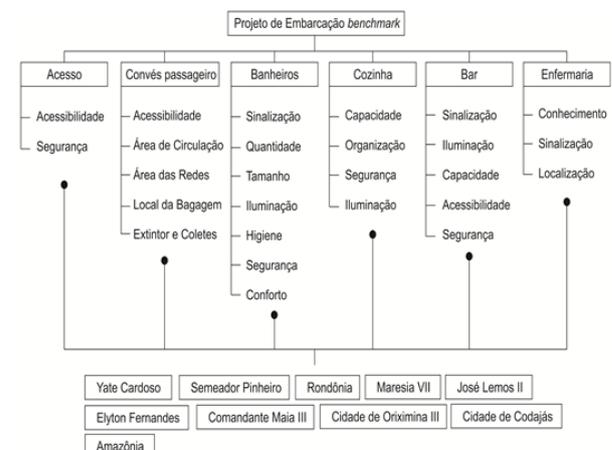


Figura 1: Modelo para a seleção da embarcação *benchmark*

A estrutura hierárquica é composta de quatro níveis de decisão e resume processo de seleção do projeto de embarcação:

- i. Na raiz da estrutura esta o objetivo principal, que é ordenar o projeto de embarcação.
- ii. No segundo nível estão os critérios, que são subsistemas da embarcação.
- iii. No terceiro nível estão os subcritérios, definidos conforme os princípios de projetos universais e conceitos de usabilidade, associados com as cada embarcação.
- iv. No quarto nível estão as variáveis (alternativas) de decisão, que são as embarcações regionais.

Por fim, as embarcações candidatas e os critérios foram organizados em gráfico, conforme proposto em Fortuna et. al. (1984), onde, o eixo vertical representa os desempenhos obtidos pelas alternativas (embarcações), sob o ponto de vista dos critérios e o eixo horizontal é formado pelos critérios, ordenados conforme os pesos dos *autovetores*.

Para a presente pesquisa, a representação gráfica busca auxiliar a definição do projeto de embarcação *benchmark* e a explicar a associação entre as alternativas e os critérios.

As avaliações dos critérios, dos subcritérios e das alternativas foram realizadas através de comparações par-a-par com a escala de razão proposta por Saaty (2004), que definem a importância e o desempenho relativo (Figura 2).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
← MENOS IMPORTANTE					MAIS IMPORTANTE →			

Figura 2: Escala de comparação dos critérios. Fonte: (Saaty, 2004) adaptado.

Os questionários foram aplicados nos passageiros (*stakeholders*) das embarcações que operam nos terminais *Roadway* e *Manaus Moderna*.

Cabe ressaltar que a amostra utilizada foi de tamanho reduzido, pois o objetivo do estudo, neste momento, não é fazer inferência sobre a população, mas caracterizar as percepções dos *stakeholders*.

## 5. Resultados

### 5.1 Pesos dos critérios e subcritérios

A partir da estrutura hierárquica, definida na Figura 1 foi realizada as comparações par a par

entre os objetivos de cada nível hierárquico e os objetos do nível hierárquico superior.

A partir das informações correspondentes aos julgamentos critério/critério foram obtidos os pesos, que resultaram em uma ordenação de importância, conforme apresentado na Tabela 1.

A comparação entre os seis critérios resultou na seguinte ordem de importância relativa: Enfermária, Convés de Passageiro, Banheiro, Cozinha, Acesso e Bar. Observa-se que os passageiros atribuem importância alta aos critérios Enfermária, Convés de Passageiro e Banheiro, pois são os critérios que mais impactam durante as viagens. O resultado da ponderação dos critérios apresenta RC de 2%.

Tabela 1: Peso dos critérios e subcritérios

Critérios	Peso	Subcritérios	Peso
Enfermária	0.329	Conhecimento	0.571
		Localização	0.286
		Sinalização	0.143
Convés de Passageiro	0.203	Extintor/coletes	0.418
		Área de circulação	0.266
		Acessibilidade	0.149
		Área da bagagem	0.093
		Área da rede	0.074
Banheiro	0.203	Higiene	0.403
		Conforto	0.145
		Tamanho	0.133
		Quantidade	0.125
		Segurança	0.085
		Iluminação	0.056
Cozinha	0.129	Sinalização	0.056
		Segurança	0.384
		Organização	0.384
		Capacidade	0.137
Acesso	0.079	Iluminação	0.075
		Segurança	0.750
		Acessibilidade	0.250
Bar	0.06	Segurança	0.239
		Capacidade	0.239
		Sinalização	0.079
		Iluminação	0.130
		Acessibilidade	0.130

Para o caso em estudo, os seis critérios foram divididos em subcritérios e sua importância relativa foi obtida através de matrizes de comparação par a par. A partir dos julgamentos foram obtidos pesos, que expressão a importância dos subcritérios para os passageiros. Os pesos dos subcritérios também são apresentados na Tabela 1.

O resultado das comparações par a par entre os subcritérios que compõe a "enfermária" aponta o conhecimento como o mais importante,





desempenho, ou seja, o *benchmark* é a Cidade de Codajás - CC, seguida pela embarcação Semeadora Pinheiro – SP e Amazônia - AM. O resultado mostra que estas embarcações apresentam os melhores desempenhos no subsistema enfermaria, o qual os passageiros atribuem importância mais alta.

## 6. Conclusão

O método AHP para seleção de *benchmark* foi estruturado com o objetivo de abordar os princípios de projetos universais e os conceitos de usabilidade que influenciam na eficiência, segurança e nível de serviço do transporte fluvial de passageiro.

O modelo proposto permite definir a embarcação benchmarks e analisar as condicionantes e implicações para o conceito de embarcação, adaptada as características regionais.

O método AHP adotado para a seleção da embarcação benchmarks produz uma orientação, que se conjugada a fatores regulatórios e outros, pode auxiliar na estruturação dos projetos de embarcações utilizadas no sistema de transporte fluvial da Região Amazônica.

Assim como, fornece subsídios para a avaliação dos administradores públicos e outros atores, pois uma constante permite o acompanhamento das variações no desempenho, provocada por alterações do ambiente.

## Agradecimentos

Este artigo é dedicado em memória da Prof<sup>ª</sup>. Márcia Helena Veleza Moita, pela excelente pesquisadora e grande amiga. Os autores também agradecem o Instituto de Pesquisa em Transportes – INTRA, a Universidade Federal do Amazonas – UFAM, a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e o CNPq pelo suporte aos membros envolvidos no desenvolvimento do artigo.

## Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## Referências

AHSAN, M. K.; BARTLEMA, J. Monitoring Healthcare Performance by Analytic Hierarchy Process: a Developing-Country Perspective. **International Transactions in Operational Research**, v. 11, n. 4, p. 465–478, 2004.

FORTUNA, V. J.S.; LUZ, V.; MOSSÉ, A. Aplicação de Método de Ordenação de Prioridades no Planejamento de PeD do Exército. **Revista de Administração**, v. 19, n. 1, p. 29-37, 1984.

JOSHI, Rohit; BANWET, D. K.; SHANKAR, Ravi. A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 10170-10182, 2011.

KUWAHARA, N. **Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa intitulado Pesquisa e Desenvolvimento de Projetos de Embarcações Regionais na Amazônia**. Projeto apoiado pelo fundo CTAQUAVIÁRIO / Edital MCT/CNPq/CT-Aquaviário nº 08/2009 - Transporte Aquaviário e Construção Naval. Número do processo no CNPq: 557131/2009-0, 2011, 67 p.

KUWAHARA, N.; LAGO NETO, J. C.; ABENSUR, T. C. Modelagem de previsão de navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 3, p. 60-89, 2012.

MORGADO, A.; PORTUGAL, L.; MELLO, A. (2012). Acessibilidade na Região Amazônica através do transporte hidroviário. **Journal Of Transport Literature**, v.7 n.2, p. 97-123, 2012.

OLIVER, I.; JONAS, H.; SCHMOLDT, D.L. Expert Panel Assessment of Attributes for Natural Variability Benchmarks for Biodiversity, **Austral Ecology**, v. 32, n. 4, p. 453–475, 2007, DOI: 10.1111/j.1442-9993.2007.01718.x.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980, 120 p.

SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977, doi:10.1016/0022-2496(77)90033-5.

SAATY, Thomas L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). **Journal of systems science and systems engineering**, v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.



**Scientia Amazonia, v. 4, n.1, 28-34, 2015**

Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>

Jan-Abr ISSN:2238.1910

<http://dx.doi.org/10.19178/Sci.Amazon.v4i1.28-34>

SANTOS, J. T.A. N.; CARDOSO, P.; KUWAHARA, N.; MACHADO, W. V. Índice de serviço adequado para as empresas de navegação fluvial de passageiros do Amazonas, **Blucher Engineering Proceedings**, v.1, n.1, p. 649-659, 2014, DOI 10.5151/marine-spolm2014-126549.

SILVA TELES, R. Design ergonômico de embarcações de pesca: experiência de ação

participativa no desenvolvimento de projeto de produto. **Revista Ação Ergonômica**, v. 7, n. 1, p. 45-54, 2012.

VASCONCELLOS, V.A.; CANEN, A.G.; LINS, M.P.E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação Benchmarking-Dea: o caso das refinarias de petróleo. **Pesqui. Oper. [online]**, v.26, n.1, p. 51-67, 2006.