

## Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC

## RELATÓRIO FINAL

## IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do Projeto: Implementando a AHP com o R

Local de Realização (Unidade/Instituto/Departamento/Laboratório): GET/IME

Endereço: Campus do Gragoatá – bloco G

Niterói-RJ

## DADOS DO ORIENTADOR

Nome: Luciane Ferreira Alcoforado

Matrícula Siape: 2249078 CPF: 109.899.728-01

Endereço: Rua Paulo VI, 500/2001

Bairro: Flamengo Cidade: Rio de Janeiro UF: RJ CEP: 22230-080 E-mail: lucianea@id.uff.br Telefone 1: 21 98183-2017

## DADOS DO BOLSISTA

Nome: Lyncoln Sousa de Oliveira

Matrícula: 216054055

CPF: 16937316739

CR: 7.9

Curso/Departamento/Instituto: Estatística/GET/IME

Endereço: Rua Ignez borges de Araújo

Bairro: Gabriela 2 Cidade: Itaboraí

UF: RJ

CEP: 24856140

E-mail: lyncolnsousa@id.uff.br

Telefone 1: (21) 989136013

**Relatório Final do projeto**  
**IMPLEMENTANDO A AHP COM R**

**Aluno: Lyncoln Sousa de Oliveira**  
**Orientador: Luciane Ferreira Alcoforado**

**Introdução:**

O processo de tomada de decisão sob incerteza tem mostrado importância em qualquer situação da vida pessoal ou profissional de um indivíduo, uma vez que o ser humano é levado a tomar decisões em grande parte do seu tempo de vida. Decisões uma vez tomadas, podem se revelar boas ou ruins a curto, médio e a longo prazo. Ao se tomar uma decisão de forma intuitiva nem sempre é possível prever se a alternativa escolhida é a mais viável considerando-se alguns critérios subjetivos. Tendo em vista esse pensamento, justifica-se estudar métodos matemáticos/estatísticos que possam auxiliar a tomada de decisão em situações práticas.

A tomada de decisão nas organizações tem sido objeto de constantes pesquisas e estudos comprovando a importância que este tema representa no desempenho dessas organizações. Segundo Gomes et al (2002), um sistema de apoio à decisão (SAD) é uma ferramenta computacional que envolve técnicas de sistemas de informação, inteligência artificial, métodos quantitativos, psicologia cognitiva e comportamental, sociologia das organizações, entre outros, e visam oferecer ao usuário condições favoráveis e acessíveis ao suporte, para de modo prático, melhor escolher uma entre diversas alternativas, minimizando assim a chance de erro na tomada de decisão.

Um SAD concilia os recursos intelectuais individuais com a capacidade do computador em melhorar a qualidade da decisão (MORTON E KEEN, 1978), assim, o apoio à decisão significa auxiliar a tomada de decisão na escolha de alternativas, gerando as estimativas dos pesos destas alternativas, a comparação e a escolha.

---

O processo Analytic Hierarchy Process (AHP), baseado em matemática e psicologia, foi desenvolvido na década de 1970 pelo professor Thomas Saaty. O AHP pode ser classificado como o mais conhecido e utilizado dos métodos de análise multicritério cuja modelagem se divide em três etapas: construção dos níveis hierárquicos, definição das prioridades através de julgamentos paritários dos critérios estabelecidos e avaliação da consistência lógica dos julgamentos paritários.

Neste trabalho apresenta-se a implementação do Método de AHP proposto por (SAATY, 1991), utilizando-se a linguagem computacional R para automatização do método e apresentação dos resultados de maneira intuitiva para melhorar a experiência do usuário.

### **Objetivos:**

Objetivo Geral: Implementar o método AHP utilizando a linguagem computacional R.

Objetivo Específico: Elaborar a estrutura do banco de dados para os valores de entrada à luz da compreensão do método AHP e suas etapas; implementar a estrutura de saída dos resultados; construir funções específicas para o desenvolvimento do método.

### **Metodologia:**

Os conceitos e etapas do método AHP foram baseados em Costa, H.G (2002) e Saaty, T. L. (1991). O método AHP segue 4 etapas: Construção de Hierarquia, aquisição de dados, síntese dos dados e a análise da consistência do julgamento.

Foi criado um pacote do R aplicando as principais funções do AHP. Para a implementação do pacote, foi criado dois repositórios no diretório github, um para estudo e testes e outro para instalação e uso, contendo a estrutura do pacote do R, com as seguintes pastas:

- Documentação: arquivos em html para documentar o pacote;
- R: scripts com funções desenvolvidas em R;
- Data: arquivos de dados;
- Man: arquivos para documentos de ajuda para cada função do pacote;
- Vignettes: arquivos de ajuda do pacote

Em adição ao pacote, foi estruturado, a partir da construção hierárquica do problema, uma planilha de dados contendo as matrizes paritárias (ou de julgamento) de cada critério. Inicialmente considerou-se um único nível de critérios, atualmente foi elaborado melhorias para 2 níveis de critérios. Implementou-se funções para facilitar ao usuário a aplicação do método. Para os cálculos envolvidos no método foram implementadas as funções com as seguintes etapas:

- Ler os dados (matrizes de julgamentos fornecida pelo usuário);
- Calcular os pesos e a consistência;

- Retornar tabela com os pesos finais de cada alternativa, informando o índice de consistência dos julgamentos de cada critério considerado no problema.

## **Resultados e Discussão:**

O programa espera que o usuário tenha um arquivo `xlsx` contendo várias planilhas devidamente formatadas. Também é possível criar e utilizar as matrizes dentro do software R no formato de uma lista. Cada planilha representa uma matriz de julgamento, a estrutura do arquivo `xlsx` pode ser vista na figura 1. Como os especialistas são humanos, Saaty (1992) afirma que o AHP prevê que pode haver inconsistência, então o processo permite que haja uma inconsistência de no máximo 10% para que os resultados possuam credibilidade. Desse modo, a função principal do pacote analisará se cada matriz de julgamento inserida no arquivo é consistente ou não.

O pacote conta com 15 funções na sua versão teste, e sua versão de instalação conta com 10 funções que são melhorias das funções testes. A versão teste está disponível no endereço: <https://github.com/Lyncoln/AHP> e a versão de instalação no endereço: <https://github.com/Lyncoln/AHP2>. A escolha da plataforma github veio do fato de tornar o processo da criação do pacote acessível a todos os colaboradores, além de permitir acesso, comentários e sugestões de qualquer usuário da plataforma, visando a melhoria do projeto.

Na versão teste, para problemas com um único nível de critérios, o programa retorna uma tabela completa de proporções para as alternativas, indicando a melhor alternativa a ser escolhida, isto é, aquela que tiver a maior proporção da linha “Objetivo”, conjuntamente com a validação dos julgamentos que são classificados como consistente ou não para cada critério

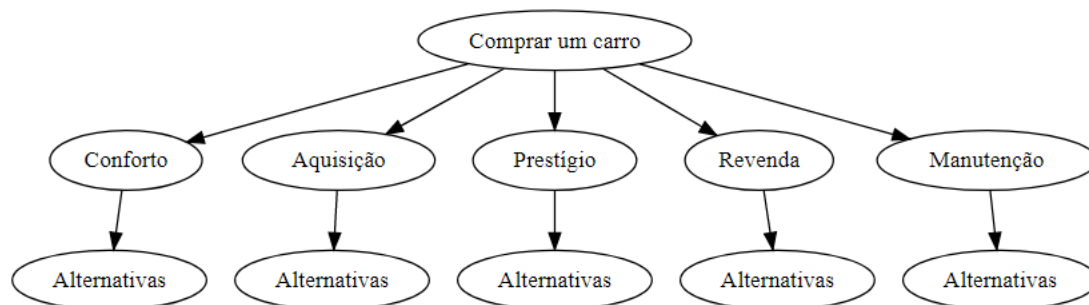
Atualmente na versão de instalação, o programa retorna uma tabela de proporções para alternativas, indicando a melhor alternativa a ser escolhida para qualquer tipo de problema que possua no máximo 2 níveis de critérios. Também é possível obter a validação dos julgamentos que são classificados como consistentes ou não para cada critério.

O pacote de instalação conta com banco de dados exemplos para utilização e aprendizagem do usuário. Estão disponíveis 4 exemplos que são: compra de um carro, escolha de um lugar para passar as férias, priorização de um setor de uma empresa e escolha de fabricação de um dispositivo eletrônico. Na figura 2 pode ser vista a hierarquia para o exemplo de compra de um carro, que é um exemplo simples com somente 1 nível de critérios. Os critérios considerados nesta compra são AQ (custo de aquisição); CF (conforto); MA (custo de manutenção); PS (prestígio) e RV (preço de revenda). Na figura 3 é possível observar qual é o melhor carro com base nos dados do exemplo.

Resolvendo o caso da estrutura dos dados visto na figura 1. O problema consiste em escolher, baseado nos critérios da hierarquia da figura 4, a melhor linguagem de programação. A hierarquia conta com 2 níveis de critérios com diferentes quantidades de subcritérios. Na figura 5 é possível observar que a melhor linguagem de programação baseado nos dados foi o R.



**Figura 1** - Estrutura do arquivo de dados xlsx contendo critérios e subcritérios referentes a matrizes de julgamento. Elaborado pelo bolsista, 2019.

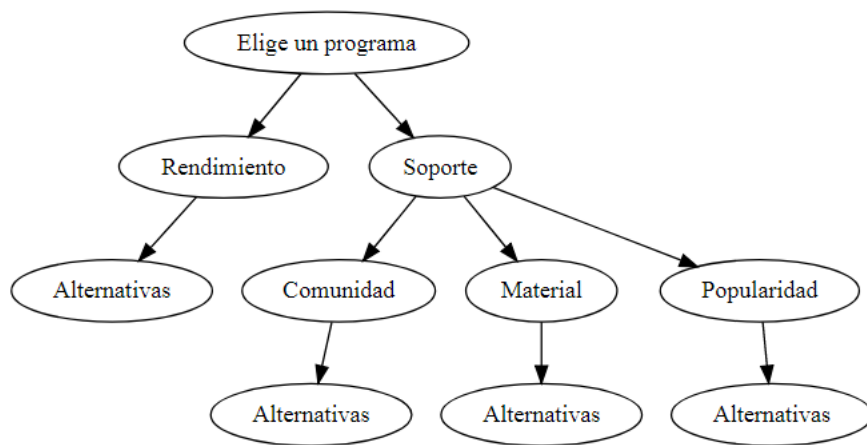


**Figura 2** – Hierarquia de 1 nível de critérios para o exemplo da compra de um carro disponível no pacote.

```
formata_tabela(tabela)
```

Criterios	Pesos	A	B	C	CR
--Comprar um carro	100%	35.77%	35.16%	29.07%	7.09%
--CF	8.63%	0.86%	2.59%	5.18%	0%
--AQ	44.98%	8.81%	22.19%	13.98%	5.16%
--PS	5.88%	2.43%	1.93%	1.53%	5.16%
--RV	21.88%	11.81%	6.5%	3.58%	0.88%
--MA	18.63%	11.87%	1.95%	4.81%	3.7%

**Figura 3** - Tabela de saída para o exemplo de 1 nível de critérios para a compra de um carro



**Figura 4** – Hierarquia com 2 níveis de critérios para o problema aplicado de escolha de uma linguagem de programação

```
formata_tabela(tabela2, cores = "CINZA")
```

Critérios	Pesos	R	Python	C++	Java	CR
---Elige un programa	100%	<b>40.14%</b>	27.25%	13.96%	18.64%	0%
--Rendimiento	60%	18.84%	19.01%	9.66%	12.49%	3.87%
--Soporte	40%	21.3%	8.25%	4.3%	6.15%	1.76%
-Comunidad	25%	15.49%	4.6%	2.27%	2.64%	7.36%
-Material	9.54%	4.06%	2.03%	1.26%	2.19%	0.39%
-Popularidad	5.46%	1.75%	1.62%	0.76%	1.33%	2.37%

**Figura 5** – Tabela de saída para o problema de escolha de melhor linguagem de programação.

### Produção Técnico-científica:

O projeto foi apresentado no quarto Seminário Internacional de Estatística com R (SERIV) no dia 22 de maio de 2019, na categoria pôster. Também será apresentado na Conferencia Latinoamericana sobre Uso de R en Investigación (LatinR) no dia 25/09/2019 na categoria Oral.

### Conclusões:

A escolha da linguagem R para implementação do pacote se mostrou viável, consistente e segura. O pacote foi elaborado para facilitar a entrada de dados através de planilha estruturada de acordo com os critérios

considerados na hierarquização do problema. A partir da leitura da planilha de dados as funções foram implementadas na linguagem R de forma a produzir uma tabela final com um resumo das probabilidades de cada critério.

A principal vantagem deste pacote é a facilidade que o usuário tem para realizar a entrada de dados que foi desenhada para ser feita por arquivo do tipo `xlsx`. As tabelas de saída são apresentadas de forma compacta para que o tomador de decisão possa atingir seu objetivo com rapidez e eficiência, assim como um pesquisador pode incorporá-la em seu arquivo científico.

Como ações futuras será implementado a documentação em forma de um tutorial prático e intuitivo para o usuário. Também será desenvolvida interação com o pacote Shiny do R que é uma ferramenta de criação de mecanismos web, assim o pacote irá se expandir para novos públicos.

### **Referências:**

- Costa, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói, RJ, 2002.
- Costa, J.F.S., Gonçalves, G.C., Vaz, L.M.M et al. Uma abordagem multicritério da telefonia móvel no Estado do Rio de Janeiro através do Método de Análise Hierárquica (AHP). Cadernos do IME – Série Estatística, RJ, 2007.
- Gomes, L. F., Gomes, C. F. S., Almeida, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. Ed Atlas, SP, 2002.
- Keen, P.G.W, & Scott Morton, M.S. Decision support systems: an organization perspective. AddisonWesley. Reading, Mass, 1978.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>, 2018.
- Saaty, T. L. Método de Análise Hierárquica. Rio de Janeiro: Makrom Books, 2Ed, 1991.
- Gomede, Everton, Miranda, Rodolfo. Utilizando o Método Analytic Hierarchy Process (AHP) para Priorização de Serviços de TI: Um Estudo de Caso, 2012. URL: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0041.pdf>

### **Auto-avaliação:**

Este projeto está sendo muito importante para minha graduação, pude aprender um novo método que não é visto no meu curso regular. Estou aprimorando minhas habilidades em programação e também tive a oportunidade de apresentar o projeto em eventos científicos internacionais, assim melhorando minha capacidade de comunicação e me inserindo no meio de jovens pesquisadores. A título de ilustração algumas das funções do pacote que utilizavam conceitos de autovalores e autovetores, inicialmente conceitos desconhecidos para mim, foram melhoradas ao cursar em conjunto com o projeto a disciplina de análise multivariada, o que me permitiu



---

não só comparar os métodos estudados como também compreender suas diferentes aplicações. Participar do PIBIC me despertou interesse pela pesquisa acadêmica e pretendo continuar meus estudos e me candidatar a um curso de mestrado na área de ciência exatas ou engenharias.

---