# IMPLEMENTANDO a AHP COM R

Lyncoln Sousa de Oliveira1, Luciane Ferreira Alcoforado2, Steven Dutt Ross3 e

Rodolfo Hauret4

**Resumo**

Esse trabalho propõe a criação de funções e um pacote utilizando a linguagem R para realizar o método AHP proposto por Saaty em uma base de dados devidamente formatada. As funções foram criadas utilizando a filosofia *tidyverse* e podem ser acessadas no repositório do autor disponível no GitHub. Os códigos foram criados com intuito de serem de uso intuitivo para que o usuário não perca tempo aprendendo usar as funções e assim possa ter seu resultado de maneira rápida e fácil, para isso não é preciso usar objetos do R, podem ser importadas bases de dados do Excel utilizando uma função criada. O pacote conta com uma vignette tutorial onde o usuário pode aprender a usar as funções e também existe base de dados exemplos para que seja possível visualizar o seu funcionamento mesmo sem um banco de dados. Está sendo desenvolvido um aplicativo em shiny para facilitar ainda mais o uso do pacote.

**Palavras-chave:** AHP, Saaty, pacote, R.

**Abstract**

Coloque aqui o abstract. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dictum dui tincidunt, pellentesque eros ac, tincidunt tortor. Duis porttitor diam quam, a efficitur mi gravida ac. Duis auctor dui accumsan, tempus sem consectetur, consectetur magna. Integer ac augue sed odio aliquet scelerisque sollicitudin in justo. Integer viverra dictum libero, eu euismod nunc blandit eget. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut nulla neque, tempus eu varius vel, ultrices placerat nulla. Sed ut orci ut tellus vehicula molestie vel ultrices risus. Aenean vulputate ipsum sed dolor consectetur aliquam. Mauris luctus aliquam nibh, sit amet rhoncus nisi auctor sed. Nunc vel ipsum nec tellus aliquam facilisis iaculis vitae velit. Vestibulum sodales tortor lobortis varius rhoncus. Suspendisse aliquet magna sit amet urna interdum consectetur. Nulla et turpis vel augue lobortis elementum id vel diam. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Pellentesque consequat ut tellus id fermentum. Nullam eu aliquet ipsum, a lobortis dolor. In pulvinar, elit eu pellentesque vulputate, sem risus vulputate dui, congue bibendum lacus nisl ut nunc. Praesent velit sem, dictum vitae posuere nec, condimentum eget lacus. Suspendisse ante ante, ultricies in consequat vel, tincidunt a justo. Donec. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut nulla neque, tempus eu varius vel, ultrices placerat nulla. Sed ut orci ut tellus vehicula molestie vel ultrices risus.

**Keywords:** Pule 1 linha para iniciar a introdução.

## 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.

Objetivos Específicos: 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; desenvolver um sistema para o processamento da ahp através de um aplicativo shiny integrado ao pacote.

A submissão do ARTIGO para o IV SER se dará por meio do cadastro do(s) autor(es), através do preenchimento de **formulário próprio para esta modalidade** disponível no site do evento ([www.ser.uff.br](http://www.ser.uff.br)), a partir de 15 de outubro de 2018. No momento do preenchimento, o arquivo do artigo em formato PDF E SEM A IDENTIFICAÇÃO DOS AUTORES será anexado ao formulário e submetido para o evento. ATENÇÃO: O arquivo eletrônico do artigo deverá ser enviado em formato pdf nomeado com o número do CPF do autor principal como exemplificado a seguir:

**IVSER\_artigo\_12345678900.pdf**

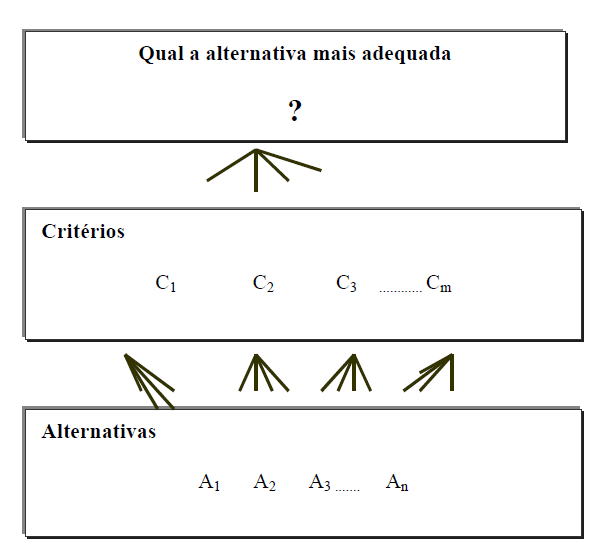
No caso de mais de um trabalho com o mesmo cpf: **IVSER\_artigo\_12345678900\_1.pdf, IVSER\_artigo\_12345678900\_2.pdf** e assim por diante.Os trabalhos que tiverem identificação dos autores (nome) serão desclassificados.

## Material e Método

## O método AHP

O AHP (*Analytic Hierarchy Process)* é um dos métodos de AMD (Auxílio de Multicritério à Decisão) muito conhecido e utilizado para problemas que envolvam escolha de objetivos e múltiplos critérios em problemas caracterizados pela complexidade e subjetividade. Criado por Thomas L. Saaty na década de 1970, o método consiste na elaboração de um modelo que reflita o funcionamento da mente humana na avaliação de alternativas diante de um problema de decisão complexo. Além disso, o método permite lidar com problemas que envolvem tanto os valores tangíveis como os intangíveis, graças a sua capacidade de criar medidas para as variáveis qualitativas com base em julgamentos subjetivos emitidos pelos decisores (Saaty, 1991). Como os decisores são humanos, além da escolha da melhor alternativa mediante aos critérios, um dos objetivos da AHP é utilizar ferramentas para medir a consistência de cada julgamento.

De acordo com Saaty (1991), a aplicação do AHP contempla as seguintes fases: estruturação dos critérios e alternativas; coleta de julgamentos; cálculo de prioridades; verificação da consistência do julgamento; e, por último, o cálculo das prioridades globais das alternativas. A estruturação dos critérios consiste em modelar o problema de decisão numa estrutura hierárquica, a qual, partindo do objetivo principal, decompõe-se em vários critérios necessários ao alcance do objetivo, formando uma camada de critérios. Cada elemento desta camada, por sua vez, pode ser decomposto em dois ou mais critérios, e assim sucessivamente, tornando mais fáceis o tratamento e a compreensão do problema. Cada elemento do último nível é decomposto em alternativas, permitindo-lhes uma avaliação à luz de cada objetivo.



**Figura 1** – Exemplo de Hierarquia

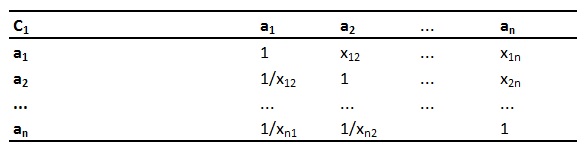
Fonte: Costa, H.G 2002

De acordo com Saaty (1991), após a hierarquização dos critérios, é feita a coleta de julgamento dos decisores. O julgamento é realizado por meio da comparação pareada entre dois elementos de um mesmo nível à luz do elemento foco imediatamente superior. Os elementos são comparados a partir de uma matriz quadrada, cuja ordem é igual ao número de elementos subordinados ao nó imediatamente superior. Os elementos subordinados são dispostos na mesma ordem, formando as linhas e as colunas da matriz.

De acordo com Saaty (1991), durante o julgamento, compara-se cada elemento da linha com cada elemento da coluna e registra-se o valor do julgamento na matriz na posição linha e coluna referente aos elementos comparados. A Tabela 1 mostra, genericamente, a matriz de julgamento das n alternativas (a1, a2,...,an) à luz do critério C1, na qual xij representa as entradas de julgamento variando i e j de 1 a n. Na comparação entre os dois elementos, deve-se levar em conta qual o elemento mais importante à luz do critério foco e a intensidade dessa importância.

Conforme Saaty (1991), a matriz de comparação gera relações recíprocas conforme representado na Tabela 1. Assim, para cada julgamento registrado na posição de linha i e coluna j, representado por xij, há um valor igual a 1/xij na posição recíproca, isto é, na posição de linha j e coluna i. Considerando as posições de elementos de linha e coluna i e j, respectivamente, variando de 1 a n.

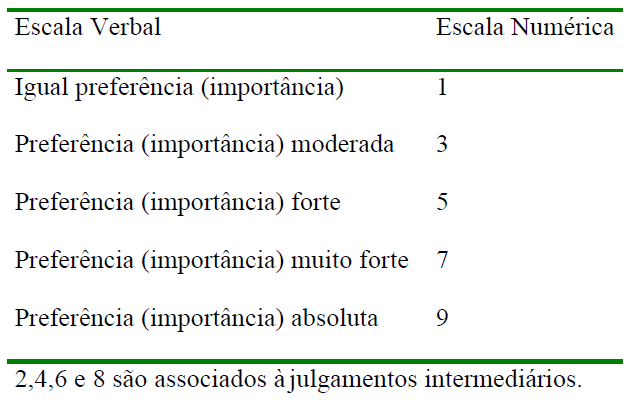
**Tabela 1 –** Matriz de Julgamento



**Fonte:** Saaty, 1991.

O julgamento deve ser baseado na escala de Saaty (1991) conforme a Tabela 2, buscando-se primeiro o julgamento conceitual e, em seguida, a conversão para a escala numérica a fim de registrá-lo na matriz, como também, o julgamento recíproco associado (Costa, HG 2002).

**Tabela 2 –** Escala de julgamento de Saaty



**Fonte:** Costa, 2002

A próxima fase é calcular as prioridades locais e globais. Trata-se de calcular a contribuição relativa de cada elemento da estrutura hierárquica em relação ao objetivo imediato e em relação ao objetivo principal. Primeiramente, é feito o cálculo das prioridades de cada elemento (nó) em relação ao seu elemento imediatamente superior, encontrando-se a prioridade média local do nó. Em seguida, calcula-se a prioridade global (em relação ao objetivo principal) do respectivo elemento, multiplicando sua prioridade média local pelas prioridades médias locais dos nós hierarquicamente superiores (Vargas, 2010).

De acordo com Saaty (1991), as prioridades médias locais dos elementos comparados na matriz de julgamento podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o principal autovetor da matriz e normalizando-o em seguida.

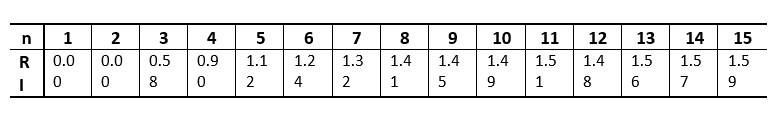
O resultado obtido em cada linha corresponde ao total percentual relativo de prioridades ou preferências em relação ao foco objetivo imediato. O vetor de prioridades resultante é chamado autovetor da matriz denominado por λ, e o somatório de seus elementos é igual a 1. Após o cálculo das prioridades locais em relação a cada nó imediatamente superior, é realizado o cálculo da consistência de tais julgamentos.

Ao se considerar as dificuldades intrínsecas do ser humano em tomar decisões diante de problemas com muitas informações e com múltiplos critérios, Saaty (1991) propôs um procedimento para calcular inconsistências derivadas do julgamento de valor entre os elementos comparados num problema complexo de decisão. A medida feita é chamada de CI (*Consistency Index*) ou IC (Índice de Consistência).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

Conforme Saaty (1991), o índice randômico, Random Index (RI), é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada, randomicamente, pelo laboratório Oak Ridge. A Tabela 3 mostra a tabela RI contendo os índices randômicos calculados pelo laboratório Oak Ridge para matrizes recíprocas quadradas de ordem n.

**Tabela 3 –** Índices de consistência aleatória



**Fonte:** Saaty, 1991

Saaty propôs outra medida para calcular a inconsistência gerada nos julgamentos, tal medida é chamada de CR (*Consistêncy Ratio*) ou RC (Razão de consistência).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

De acordo com o Saaty (1991), caso o CR calculado seja superior a 10%, a matriz de julgamento é considerada inconsistente e sugere-se que o julgamento seja refeito com mais atenção.

Após verificar a consistência dos julgamentos, realiza-se o cálculo do desempenho global das alternativas. De acordo com Saaty (1991), e tomando como base a estrutura hierárquica do AHP, as prioridades globais calculadas para cada critério correspondem à importância de cada critério em relação ao objetivo principal. Entretanto, no nível das alternativas, a prioridade encontrada ao se multiplicar a prioridade local da alternativa em relação a um determinado foco pela prioridade global deste reflete o impacto da alternativa no objetivo principal, relativo a um único critério. Portanto, para se obter a prioridade global das alternativas, deve-se calcular o somatório das prioridades globais das alternativas calculadas em cada critério. Essa prioridade determinará a contribuição da alternativa para o objetivo principal.

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.

## Criação do pacote

Foi criado um pacote do R e um aplicativo *shiny* aplicando as principais funções do AHP. Para a implementação do pacote, foi criado um repositório no diretório *github,* contendo a estrutura do pacote do R criado utilizando o *devtools*, com as seguintes pastas:

* Documentação: arquivos em html para documentar o pacote;
* R: scripts com funções desenvolvidas em R;
* Data: arquivos de dados para utilização como objetos do R;
* Banco de dados: arquivos de dados em formato xlsx;
* 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.

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

Deverá apresentar uma síntese dos resultados encontrados, podendo incluir tabela e/ou figura, desde que a sua inclusão não ultrapasse o limite máximo de QUINZE páginas. Nesta seção devem ser incluídos comentários sobre os resultados e/ou comparação dos achados do estudo com os de outras publicações.

As tabelas e figuras (Entende-se por figuras: gráficos, mapas, fotografias, etc.) devem ser numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. Cada tabela e figura, além da numeração, deve possuir um título autoexplicativo apropriado, colocado centralizado, acima da tabela e abaixo da figura. Tanto a tabela quanto a figura deverão ter a especificação da FONTE, posicionada na parte inferior, como também ilustrado a seguir:

Figuras e gráficos devem ser centralizadas, conforme ilustrado na Figura 1. Toda figura deve apresentar uma legenda escrita em parágrafo centralizado em fonte Arial 9 e espaçamento anterior e posterior de 6pt. A Figura 1 busca ilustrar a formatação adotada.



**Figura 1** – Escrever o título da Figura

Fonte: SOBRENOME, ANO

Legendas de tabelas devem ser colocadas na parte superior das mesmas, em parágrafo centralizado, tamanho 10 e com espaçamento anterior e posterior de 6 - conforme ilustrado na Tabela 1. As tabelas devem ser formatadas adotando a mesma formatação da Tabela 1.

**Tabela 1** – Escrever o título da Tabela.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ano** | **Taxa (%)** | |
| **Grupo 1** | **Grupo2** |
| 2000 | % | % |
| 2001 | % | % |
| ... | ... | ... |
| 2017 | % | % |

Fonte: SOBRENOME, ANO

## Conclusão

Nesta seção são apresentadas as conclusões do trabalho.

## Referências

<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/988/493>

Ao final do trabalho, todas as referências citadas deverão ser ordenadas alfabeticamente de acordo com o sobrenome do primeiro autor, com fonte *Arial*, tamanho 9, espaçamento simples (Use estilo Citação). Veja o exemplo:

SOBRENOME, Nome. **Título:** subtítulo (se houver sem negrito). Edição (se houver). Local de publicação: Editora, data de publicação da obra.

Deve ser citado o R (veja **citation()** ) e os pacotes utilizados (exemplo: **citation("tidyverse")** )

As referências citadas no texto devem conter o sobrenome do(s) autor(es), seguido pelo ano da publicação. A título de exemplificação são apresentadas as normas de citação indireta de acordo com as normas da ABNT: a) Nome do(s) autor(es) aparece(m) ao final da citação (Ex.: DACHS e SANTOS, 2006; NERI, 2007; BLAZER, 2008); b) No caso do autor ser parte integrante do texto (Ex.: Dachs e Santos (2006) verificaram que ....)

Todas as referências devem ser apresentadas de modo adequado respeitando as normas da ABNT. A veracidade das informações contidas na listagem de referências é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

## Anexo

Inclua no anexo o script de comandos do R.

**Leia também o “*Regulamento para submissão de artigos”* (que resume as informações apresentadas neste Template) disponibilizados no site do evento (**[**www.ser.uff.br**](http://www.ser.uff.br)**).**