



## **Aplicação do Método de Análise Hierárquica na seleção de equipamentos de proteção auditiva para trabalhadores da construção civil.**

### **Application of AHP in the selection of hearing protection equipment for construction workers**

Larissa Ferreira Dantas<sup>1</sup>

Fernando B. Mainier<sup>1</sup>

Daniel Oliver Guerrero de Souza<sup>2</sup>

Vinicius Weiner Martins Monteiro Coelho Paiva<sup>2</sup>

**Resumo:** A proteção auditiva dos trabalhadores é de grande preocupação para os profissionais de saúde ocupacional e de segurança do trabalho devido aos danos irreversíveis provocados pela exposição prolongada ao ruído. Atualmente, em um cenário onde a redução de custos está fortemente inserida nas estratégias corporativas, a aplicação do Método de Análise Hierárquica, também conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process) em inglês, se apresenta como uma ferramenta para auxiliar os compradores nesta decisão, pois permite que todas as variáveis técnicas sejam avaliadas e a melhor opção, segundo múltiplos critérios, seja apresentada. Este artigo buscou utilizar o Método de Análise Hierárquica através do software ExpertChoice® para determinar, dentre três modelos de protetor auditivo, o mais adequado para um cenário típico da construção civil, levando em consideração fatores-chaves de desempenho. Os parâmetros escolhidos para este estudo foram preço, durabilidade, eficiência, necessidade de manutenção, restrição de uso, conforto, estética e facilidade de utilização pelo trabalhador. Foram realizadas comparações entre os critérios com os modelos selecionados, através de uma visão tríplice que envolveu Engenharia de Segurança, Coordenador de obra e usuário final do EPI, por meio de entrevistas. Para tal, foram elaboradas matrizes de comparação, contendo o fator de importância dos critérios sob esta análise. Depois de aplicado o método e com o auxílio do software, pôde-se concluir que a melhor escolha segundo os critérios estabelecidos foi o protetor tipo circum-auricular (concha ou abafador), seguido pelo plug de inserção moldável descartável e o plug de inserção pré-moldado. A razão de consistência apresentada permitiu concluir que os cálculos foram válidos dentro da metodologia utilizada.

**Palavras-chave:** Construção civil, Método de Análise Hierárquica, Equipamento de proteção auditiva.

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense.

<sup>2</sup> Petrobras, Petróleo Brasileiro.

**Abstract:** The hearing protection of workers is of great concern to occupational health and safety professionals due to the irreversible damage caused by prolonged exposure to noise. Currently, in a scenario where cost reduction is strongly embedded in corporate strategies, the application of the Analytic Hierarchy Process, also known as AHP, is presented as a tool to assist buyers in this decision, since it allows all technical variables to be evaluated and the best option, according to multiple criteria, is presented. This article sought to use the AHP through ExpertChoice® software to determine, among three protector models, the most appropriate for a typical civil construction scenario, taking into account key performance factors. The parameters chosen for this study were price, durability, efficiency, need for maintenance, and restriction of use, comfort, aesthetics and ease of use by the worker. The selected models were compared with the criteria, through a triple vision that involved Safety Engineering, construction coordinator and end user of the safety equipment, through interviews. To do this, we develop comparison matrices, containing the factor of importance of the criteria under this analysis. After the method was applied and with the aid of the software, it was possible to conclude that the best choice according to established criteria was the circum-auricular type protector (shell or damper), followed by the disposable insert plug and the pre-formed insertion plug. The consistency ratio presented allowed us to conclude that the calculations were valid within the methodology used.

**Keywords:** Construction; Analytic Hierarchy Process, Hearing Protection Equipment.

## 1. Introdução

Define-se como pressão sonora, ou som, as flutuações na pressão do ar, ou outros meios, que afetam o corpo humano e são detectadas pelo aparelho auditivo e usa-se o termo "ruído" para indicar o som indesejado. Fernandes (2002) classifica o ruído como todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos. Um dos agentes de risco mais frequentemente encontrados dentro dos ambientes de trabalho é o ruído, proveniente da utilização de máquinas e equipamentos.

A exposição a níveis elevados de pressão sonora pode causar, principalmente, a perda da capacidade auditiva dos trabalhadores. Lie et. al. (2016) analisaram na literatura mais de 22.000 artigos sobre a perda auditiva induzida pelo ruído e concluíram que entre 7 e 21% dos casos de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) em todo o mundo está relacionada à exposição ao ruído durante a vida laboral. A incidência de PAIR nos países desenvolvidos é menor que nos países em desenvolvimento, como o Brasil, devido às políticas de prevenção mais eficazes. Apesar do estudo apontar que a perda de audição está relacionada principalmente à idade avançada, foi possível observar que alguns grupos ocupacionais têm maior risco de desenvolver a PAIR como os militares, trabalhadores da construção civil e agricultores.

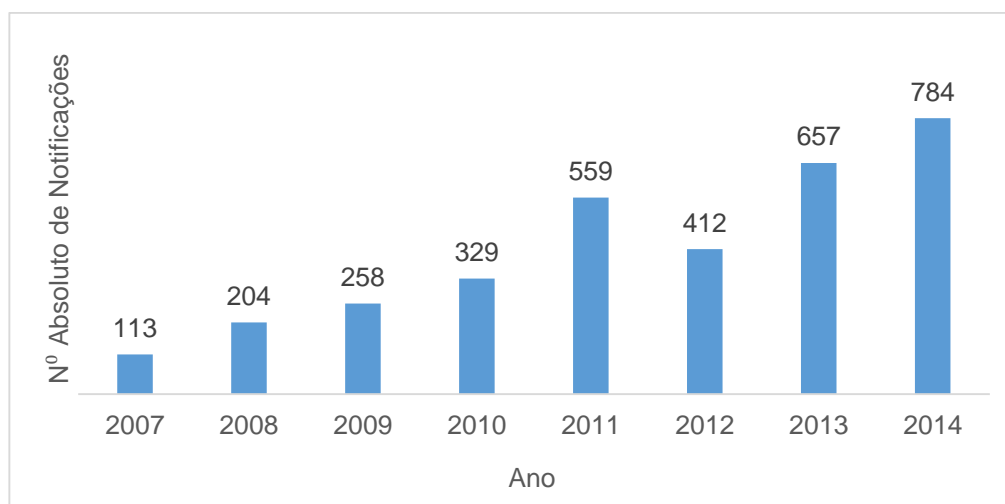
Nos Estados Unidos, desde 2004, cerca de 163.000 trabalhadores tiveram perdas auditivas permanentes, irreversíveis e incapacitantes devido à exposição ocupacional ao ruído (HAGER, 2012).

A exposição prolongada ao ruído também está associada à hipertensão arterial. Zawilla et. al. (2014) concluíram que os indivíduos que já apresentavam predisposição genética ao problema tinham maior vulnerabilidade quando expostos ao ruído e que a probabilidade de apresentar hipertensão aumentava significativamente neste cenário.

Nawaz e Hassan (2013) comprovaram que o ruído ocupacional aumenta o risco de várias doenças cardiovasculares e não cardiovasculares em trabalhadores fumantes. A razão por trás destes efeitos negativos é a geração excessiva de moléculas de espécies reativas de oxigênio, acarretando o dano oxidativo das moléculas de DNA nos indivíduos expostos.

Estudos mais completos sobre os efeitos negativos à saúde causados pela exposição a níveis elevados de ruído foram conduzido por Passchier-Vermeer e Passchier (2000). O trabalho mostra que já existem evidências suficientes para concluir que há relação entre a exposição ao ruído e o desenvolvimento de alterações de humor, mudanças no padrão de sono, diminuição de performance, além de doenças cardiovasculares e a PAIR já mencionadas pelos demais autores.

No Brasil, como pode-se observar na Figura 1, o número de notificações de agravos relacionados a PAIR cresceu 684% entre 2007 e 2014. Levando-se em consideração que a doença pode se manifestar ou agravar muitos anos após a o início da exposição, a dificuldade de nexo causal entre o adoecimento e o trabalho nestes casos e que, apesar de ser uma doença de notificação compulsória, a subnotificação é uma característica crônica brasileira (KARINO; MARTINS; BOBROFF, 2011), principalmente nos setores informais, é possível supor que esse número é muitas vezes maior do que aparecem nas estatísticas oficiais.



**Figura 1** – Notificações de agravos por PAIR relacionadas ao trabalho no Brasil, por ano. Fonte: Adaptado de DIEESE (2016)

A indústria da construção civil, segundo relata Maia (1999), não é exceção à regra, pelo contrário, a intensa utilização de “máquinas cada vez mais velozes, tem tornado as tarefas dos trabalhadores deste ramo mais ruidosa e, conseqüentemente, gerado perdas auditivas e outros efeitos em um número cada vez maior de trabalhadores”. Em sua dissertação de mestrado “O Ruído nas Obras da Construção Civil e o risco de surdez ocupacional”, o autor identificou as principais fontes de ruído para as funções de ajudante geral, pedreiro, armador e carpinteiro e avaliou, através de dosimetrias, os níveis de pressão sonora a que estavam expostos durante a execução de tarefas típicas desses tipos de serviço.

Os níveis máximos encontrados para cada uma das funções estudadas e as correspondentes atividades a que estão relacionados, podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Níveis Equivalentes Máximos (Máx. Leq) para cada função na construção civil e sua respectiva atividade.

Função	Atividade	Máx. Leq
Ajudante Geral	Operação de betoneira	84,3 dB (A)
Pedreiro	Corte e assentamento de granito	104,3 dB (A)
Armador	Corte de aço com policorte e tempo de reposição	90,0 dB (A)
Carpinteiro	Montagem de formas de laje (escoramento)	100,0 dB (A)

Fonte: Adaptado de MAIA (1999).

Farias et al. (2012) investigaram a ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros da construção civil. O estudo apontou que 35% dos profissionais apresentaram perdas uni ou bilaterais nas frequências de 3 kHz, 4 kHz e/ou 6 kHz.

A pesquisa de Seixas et al. (1998) concluiu que em alguns países 16 a 50% dos trabalhadores da Construção Civil são atingidos por perdas auditivas induzidas pelo ruído e em determinadas faixas etárias essa porcentagem chega, pelo menos, a 75%. Segundo Maia (2001), os estudos existentes sobre exposição ao ruído em obras revelam níveis sonoros de 75 a 113 dB(A) nos pontos de operação das máquinas e níveis de ruído entre 65 e 91 dB(A) nos ambientes de trabalho.

Para eliminar ou minimizar a exposição dos trabalhadores ao ruído diversas medidas podem ser implantadas. Os controles de engenharia, como o enclausuramento de máquinas ruidosas e implantação de barreiras acústicas no ambiente são onerosos e muitas vezes inviáveis no processo produtivo. A utilização do equipamento individual de proteção ainda é, hoje, o principal meio utilizado para minimizar os danos à saúde causados pelo ruído.

A legislação brasileira, no entanto, não orienta em que situações cada tipo de protetor auricular deve ser empregado e nem as limitações de cada um desses tipos. Dentro de cada categoria acima ainda há uma diversidade de modelos, marcas e preços. Ou seja, segundo a legislação, cabe ao empregador, com o auxílio do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), definir qual é o modelo adequado para os trabalhadores.

Esta escolha deve levar em consideração o ambiente de trabalho, as atividades desempenhadas dentro da empresa, a necessidade de conversação nas tarefas, o tempo médio de exposição e a relação de custo-benefício destes equipamentos. Também deve ser analisada a interação com outros equipamentos utilizados concomitantemente com o protetor auricular como capacetes e óculos de segurança.

Entretanto, na maioria das empresas o setor responsável pela escolha e aquisição dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) não é o SESMT pois, existem setores específicos de compras que abastecem as companhias de todo material necessário em seu processo. Os responsáveis por essa importante escolha, na maioria das vezes, não têm o conhecimento técnico necessário para a tomada de decisão e o fator preço é o único, ou o mais significativo, avaliado por elas. O preço, quando analisado de forma singular, pode inadvertidamente indicar um EPI que não é o mais adequado ou vantajoso para a tarefa.

Muitas vezes comprados em grande quantidade, os EPIs acabam sendo descartados sem uso pois não foram adequados ao propósito da atividade. Em outras ocasiões, os EPIs precisam ser comprados em medida de urgência ou em pequenas quantidades pois sua necessidade não foi adequadamente prevista, tornando-os mais caros que a compra planejada. Outro fator importante e constantemente negligenciado é a durabilidade, que pode tornar um EPI mais caro a opção mais vantajosa a longo prazo.

O Método de Análise Hierárquica (AHP - Analytic Hierarchy Process) se apresenta como uma ferramenta para auxiliar os compradores nesta decisão, pois permite que todas as variáveis técnicas sejam avaliadas e a melhor opção para cada cenário seja apresentada. Sendo assim, é uma solução viável e para economizar no processo de compra.

Este artigo busca, através de um estudo de caso, utilizar o AHP para determinar o melhor modelo de protetor auditivo para um cenário típico da construção civil, levando em consideração fatores-chaves de desempenho, conforto e custo. Considerando que os últimos dados publicados apontam que indústria da construção civil emprega 2,9 milhões de brasileiros em 119 mil empresas ativas. Além de expressiva na economia, a construção civil também se mostra relevante em termos de riscos associados às suas atividades, principalmente o ruído gerado por máquinas e equipamentos nas obras. Além disso, a maior parte da mão-de-obra do setor (51,0%) está empregada nas micro e pequenas empresas (SESI, 2015), onde o suporte de profissionais de saúde e segurança é escasso. Portanto, os trabalhadores da construção civil, em sua maioria, não encontram proteção adequada à sua saúde e integridade física e os efeitos causados pelo ruído excessivo são rotineiramente negligenciados.

## **2. Equipamentos de Proteção Auditiva (EPA)**

De acordo com a NR N<sup>o</sup> 06, do Ministério do Trabalho, é considerado equipamentos de proteção individual ou EPI todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho (BRASIL, 2015). Mais especificamente em seu Anexo 1, a Norma define três tipos de EPI para proteção auditiva, ou EPA. Já a ABNT NBR 16076:2016 define protetor auditivo como dispositivo de uso pessoal utilizado para reduzir os efeitos danosos e/ou incômodos do ruído (ABNT, 2016). A seguir são apresentadas as principais características dos EPA.

### **2.1 Protetor auditivo circum-auricular**

Este tipo de EPA, também popularmente conhecido como abafador ou protetor do tipo concha e cobre completamente as orelhas do trabalhador. É constituído por conchas, geralmente de plástico, revestidas com almofadas de espuma em suas laterais (que entram em contato com a cabeça do usuário) e no interior das conchas. Sua haste é constituída em plástico ou metal, que serve para manter as conchas firmemente seladas contra a região das orelhas do

usuário. As hastes também podem ser separadas e próprias para serem acopladas ao capacete do usuário conforme mostra, a seguir, a Figura 2.

A eficácia da proteção deste tipo de EPA depende da pressão exercida pelas hastes e espuma sobre a cabeça do usuário. Para uma correta vedação, não deve haver interferência no encaixe das conchas na cabeça do usuário e atenção especial deve ser dada aos cabelos ou outros equipamentos que interfiram na colocação, como óculos de segurança.



**Figura 2** – Exemplo de protetor circum-auricular. Fonte: 3M (2017)

## 2.2 Protetor auditivo de inserção

Os protetores auditivos de inserção são popularmente conhecidos como plugues são equipamentos inseridos no canal auditivo. Podem ser do tipo pré-moldado com formato composto de três flanges flexíveis de silicone ou borracha, ou moldáveis feitos de espuma flexível que se adaptam ao tamanho do canal auditivo do usuário. Os protetores de inserção podem ainda ser descartáveis ou reutilizáveis e ter, ou não, um cordão de algodão, dependendo da marca e modelo. As figuras 3 e 4, a seguir, mostram este tipo de protetor auditivo de inserção.



**Figura 3** – Exemplo de protetor de inserção pré-moldado. Fonte: 3M (2017)



**Figura 4** – Exemplo de protetor de inserção moldável. Fonte: 3M (2017)

Na utilização deste tipo de EPA, uma boa colocação é essencial. No caso do plugue feito de espuma, é necessária a compressão com os dedos e após a inserção no canal auditivo, esperar alguns segundos para que a espuma

volte ao tamanho original. Esse processo faz com que o protetor auricular vede canal auditivo do usuário, impedindo a passagem das ondas sonoras.

Além disso, para a vedação correta do EPA, tanto para o modelo pré-moldado quanto para o modelo de espuma, o usuário deve posicionar corretamente a mão sobre a cabeça, acima do ouvido em que se está inserindo o plugue, conforme mostra a Figura 5.



**Figura 5** – Colocação correta do protetor auditivo de inserção. Fonte: Berger (2003)

## 2.2 Protetor auditivo semi-auricular

Os protetores semi-auriculares também são conhecidos como protetores tipo capa ou banda. São formados por uma haste plástica, normalmente utilizadas abaixo do queixo ou atrás da cabeça quando usados juntamente com capacete. Nas extremidades da haste existem plugues de espuma substituíveis, que se acomodam na entrada do canal auditivo sem, contudo, penetrá-lo. Exemplo deste tipo de equipamento é apresentado, a seguir, na Figura 6.



**Figura 6** – Exemplo de protetor semi-auricular. Fonte: 3M (2017)

Conforme o tipo, ele pode ser posicionado de forma a cobrir apenas a entrada do canal auditivo ou ajustado a profundidades diversas dentro do canal. Os dispositivos que cobrem a entrada do canal dependem da força do arco para manter sua posição e a vedação acústica. Os dispositivos que ficam inseridos no canal auditivo comportam-se mais como protetores auditivos de inserção, não dependendo da força do arco para a vedação acústica.

A seguir, na Tabela 2, Beltrame (2010) listou as vantagens e as desvantagens dos EPA, dividindo-os em circum-auriculares e de inserção, sendo o modelo semi-auricular um tipo de protetor de inserção.

**Tabela 2** – Vantagens e desvantagens dos protetores auriculares.

Modelo	Vantagens	Desvantagens
Circum-auricular	Fácil colocação e encaixe; Conveniente para exposições intermitentes; Pequeno risco de infecção; Boa adaptação aos usuários; Boa durabilidade; Confortável em ambientes frios; Fácil verificação de uso correto;	Alto custo; Pesado; Pode não ser confortável em climas muito quentes e úmidos; Ocupa grande espaço de guarda; Manutenção e higienização mais complexa;
Inserção	Baixo custo; Leve; Ocupa pouco espaço; Pequeno e fácil de carregar; Confortável em ambientes quentes; Facilidade de substituição; Manutenção e higienização simples;	Complexidade na colocação; Necessidade de treinamento prévio; O tamanho deve ser adequado ao canal do usuário; Difícil identificação para o usuário; Difícil verificação do uso correto; Alto risco de infecção; Acumulação de sujidades.

Fonte: Beltrame (2010)

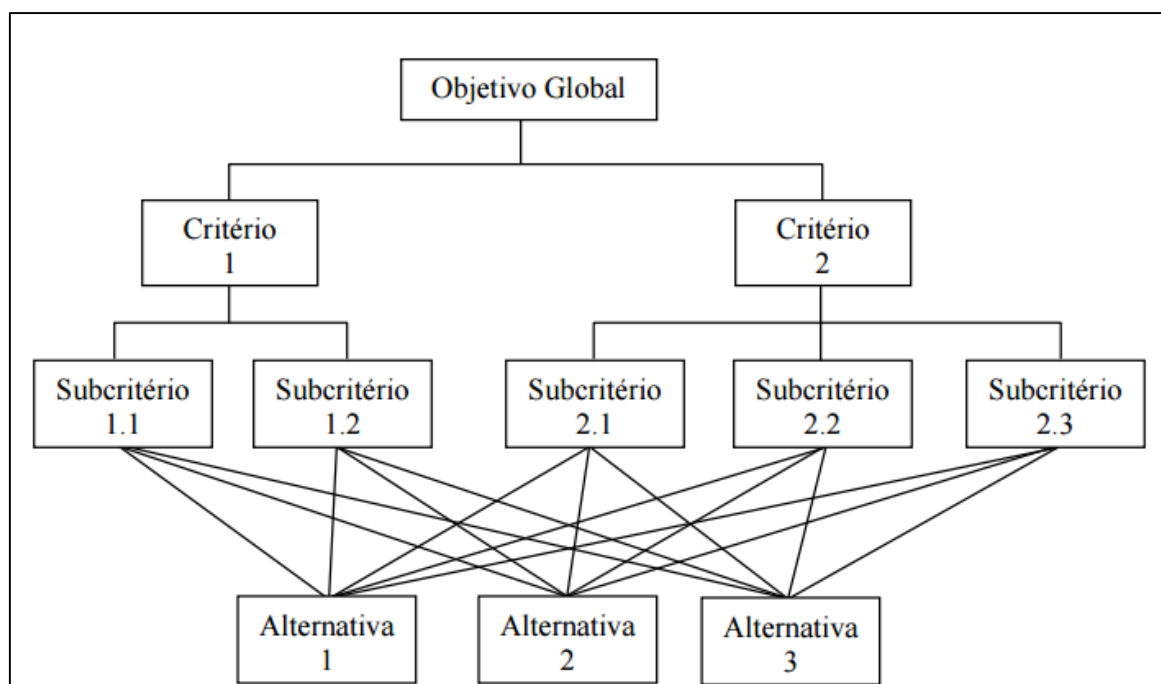
### 3.O processo de tomada de decisão

Segundo Neto et al. (2014), um processo de tomada de decisão pode tornar-se algo mais complexo do que simplesmente escolher uma opção em detrimento de outra. Muitas vezes uma decisão equivocada pode trazer sérias consequências e a fim de evitar este tipo de situação, uma análise criteriosa por uma equipe de especialistas faz-se necessária para que seja feita a melhor escolha.

Um método bastante utilizado para auxiliar decisões que possuam multicritérios a serem considerados é o Método de Análise Hierárquica (AHP), que foi desenvolvido pelo matemático e professor Dr. Thomas L. Saaty na década de 70 (SAATY, 1990). O método se divide em três etapas:

- **Estruturação** – modelagem do problema de decisão em uma rede hierárquica, com o objetivo central no topo e critérios, subcritérios e alternativas conforme apresentado na Figura 7.
- **Julgamentos comparativos** – com ajuda dos integrantes do grupo de decisão são construídas matrizes para efetuar comparação entre critérios e subcritérios em cada faixa da hierarquia. Os julgamentos são realizados tomando-se como base a escala fundamental elaborada com valores absolutos que expressam a preferência (SAATY,1990), conforme apresentado na Tabela 3.





**Figura 7** – Modelo Hierárquico. Fonte: Neto et. al (2014)

**Tabela 3:** Escala Fundamental de Saaty

<i>Escala Fundamental de Saaty</i>		
<b>Importância em escala absoluta</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
<b>1</b>	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
<b>3</b>	Importância moderada de uma sobre a outra	A experiência ou juízo favorecem uma atividade em relação à outra
<b>5</b>	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
<b>7</b>	Importância muito grande	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra, podendo ser demonstrada na prática.
<b>9</b>	Importância extrema	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
<b>2, 4, 6 e 8</b>	Valores intermediários	Quando há necessidade de consenso ou “meio-temo” entre as definições

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

- **Síntese de prioridades** – calcula-se um peso composto para cada alternativa baseada em preferências derivadas da matriz de comparação.

O fundamento matemático deste método pode ser encontrado em detalhes no trabalho de Costa (2006). Cabe ressaltar, que na literatura existem diversos estudos que abordam a revisão da literatura sobre as aplicações da metodologia AHP, destacando-se o trabalho de Vaidya e Kumar (2006), cujo artigo teve por finalidade abordar um conjunto de trabalhos, que poderiam ser de grande interesse para os pesquisadores e profissionais interessados na aplicação desta metodologia.

### 3.1 Aspectos relevantes no processo decisório

Definir os parâmetros é essencial para aplicação da ferramenta de tomada de decisão. Para comparação entre os modelos de equipamento de proteção auditiva foram definidos os seguintes aspectos relevantes:

- **Preço:** os valores cobrados pelos equipamentos de proteção auditiva em pesquisa realizada no mercado apresentaram variações de até 40.000% entre um modelo concha e um descartável. Estes preços são influenciados pelos demais fatores apresentados;
- **Durabilidade:** em relação a este aspecto existem dois tipos de EPA, os descartáveis e os não descartáveis. Os descartáveis devem ser utilizados somente uma única vez, independentemente da duração da exposição. Entre os não descartáveis, a vida útil pode apresentar variação significativa.
- **Eficiência:** é representada pelo nível de atenuação total de ruído (NRR- Noise Reduction Rating) proporcionada pelo equipamento, pré-calculado pelo fabricante e expresso na embalagem. Representa a redução, em dB(A), da exposição do trabalhador. Neste aspecto, é importante salientar que, segundo a Associação Americana de Higienistas Industriais (American Industrial Hygiene Association) as diferenças menores que 3dB nos NRR não apresentam importância prática.
- **Necessidade de Manutenção:** os EPAs não descartáveis precisam sofrer higienização periódica a fim de evitar contaminações e a redução da sua eficiência. Cada tipo de equipamento demandará uma limpeza específica em intervalos que podem ser variados dependendo do modelo;
- **Restrição de Uso:** este aspecto está relacionado a utilização de outros equipamentos de forma simultânea pelo trabalhador como, por exemplo, capacete e óculos, que impede o uso ou diminui a eficiência de um determinado tipo de EPA. Determinados serviços, como os que envolvem eletricidade, também podem acarretar a restrição no uso do equipamento.
- **Conforto:** é um aspecto subjetivo pois irá variar de acordo com a percepção do usuário. Para este trabalho, foi considerado o estudo realizado por Sviech et. al. (2013) que avaliou o conforto dos protetores auriculares em entrevistas com os trabalhadores. O estudo concluiu que o protetor auditivo tipo circum-auricular foi considerado o mais confortável e melhor aceito pela população estudada.
- **Estética:** a estética do equipamento de proteção individual pode servir como fator motivador para sua utilização pela força de trabalho. O EPA também pode se encaixar na identidade visual da empresa pelas suas cores, por exemplo, demonstrando que a cultura de segurança no trabalho está incorporada à organização.
- **Facilidade na Utilização:** de acordo com a NR-6 (BRASIL, 2015), todos os trabalhadores devem ser treinados quanto a correta utilização do EPA, porém, existem diferenças na complexidade do uso que podem influenciar na proteção auditiva do trabalhador caso o mesmo não seja utilizado da melhor forma.

Além de determinar os parâmetros de avaliação, é importante que definir o cenário em que os mesmos serão aplicados. A construção civil é um segmento da indústria relevante em termos de riscos ocupacionais. Além do ruído elevado, existem vários outros agentes físicos, químicos, ergonômicos e mecânicos presentes nas atividades e que podem prejudicar a saúde e a segurança dos trabalhadores. A interação entre esses agentes de risco deve ser levada em consideração para a escolha do equipamento de proteção auditiva, pois podem alterar a percepção de conforto, a necessidade de higienização do equipamento ou a durabilidade do mesmo.

### 4. Aplicação do método AHP e análise dos resultados

Uma vez definidos, os aspectos relevantes do problema foram agrupados em três critérios principais: técnicos, de qualidade e não técnicos. Os critérios técnicos englobam os aspectos que podem ser medidos ou

avaliados de forma objetiva, são eles o preço (R\$), a necessidade de manutenção (nº absoluto/tempo) e a restrição de uso (sim/não).

Já os critérios de qualidade estão relacionados ao desempenho do EPA, são eles: durabilidade (dias) e eficiência (dB).

Os critérios não técnicos englobam os aspectos considerados subjetivos, que podem variar de um indivíduo para outro, como conforto, estética e facilidade de utilização.

Na Figura 8, é apresentada a estrutura hierárquica para o modelo proposto para escolha do equipamento de proteção auditiva com os modelos para escolha, os critérios e subcritérios utilizados no método.

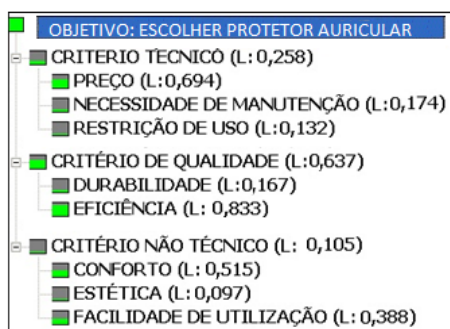


**Figura 8** – Estrutura hierárquica para o modelo proposto de escolha de EPA.

Para a seleção do EPA, foram considerados como premissa que o mesmo possui Certificado de Aprovação (CA) expedido pelo Ministério do Trabalho, conforme preconiza a Norma Regulamentadora nº 06 (BRASIL, 2015), e está disponível no mercado brasileiro. Foram utilizados na metodologia três modelos de EPA: um circum-auricular (Modelo A), um protetor de inserção pré-moldado (Modelo B) e um protetor de inserção moldável descartável (Modelo C). O protetor semi-auricular foi desconsiderado nesse trabalho por não ser encontrado facilmente à venda nas lojas especializadas.

Na etapa seguinte foram realizadas comparações entre os critérios principais e os subcritérios com os modelos selecionados, através de uma visão tríplice que envolveu Engenharia de Segurança, Coordenador de obra e usuário final do EPI, através de entrevistas. Para tal, foram elaboradas matrizes de comparação, contendo o fator de importância dos critérios sob esta análise.

Após a definição de todos os dados, foi utilizado o software ExpertChoice® para auxiliar a escolha do melhor modelo de EPA. A Figura 9 mostra os fatores de importância dos subcritérios dentro do seu respectivo critério.



**Figura 9** – Peso dos critérios em relação ao objetivo geral.

É possível visualizar na figura 9 que o critério de maior relevância foi a Qualidade, que leva em consideração os aspectos de durabilidade e eficiência do equipamento. Cabe ressaltar, que foi obtido um valor máximo de 0,03 de Razão de Consistência (RC), e como este valor é menor que 0,1 pode-se concluir que os valores das prioridades relativas utilizadas estão consistentes.

Comparando-se os subcritérios, por exemplo do Critério Técnico o mais importante foi o Preço (0,694), da Qualidade foi a Eficiência (0,833), e no Critério Não Técnico foi o Conforto (0,515).

Após o cruzamento entre todas as alternativas, em todos os subcritérios e critérios, pode-se determinar a prioridade final de cada uma das alternativas em relação ao objetivo global, conforme mostrado na Figura 10. Pode-se notar que o modelo A se mostra como melhor opção, com um grau de priorização de 0,489 em relação ao modelo B com valor de 0,215 e o modelo C com um valor de 0,296.



**Figura 10** – Resultado de escolha de EPA.

## 5. Conclusões

Após aplicada a ferramenta AHP, pode-se observar que a melhor escolha, segundo os critérios estabelecidos, foi o protetor tipo circum-auricular (concha ou abafador), seguido pelo plug de inserção moldável descartável e o plug de inserção pré-moldado. A razão de consistência foi de 0,03, o que valida os cálculos segundo seu idealizador Saaty (1990).

Importantes fatores sobre o protetor auricular tipo concha contribuíram para que o mesmo fosse a melhor escolha no cenário da construção civil. Este tipo de protetor protege toda a orelha do trabalhador, impedindo a entrada de partículas e corpos estranhos que podem causar inflamações e doenças no canal auditivo. É um EPI de mais fácil utilização e a necessidade de manutenção neste tipo de protetor é menor, pois, se guardado de forma adequada pelo trabalhador, os contaminantes ficam todos do lado externo. É um EPI mais resistente para o ambiente da construção civil e a visualização da correta utilização desse EPI é mais fácil para o profissional de segurança do trabalho, permitindo uma auditoria comportamental mais ágil e precisa.

Por fim, a AHP demonstrou auxílio ao profissional de compras uma vez que as características de eficiência foram determinantes e se sobrepuseram sob as questões de preço. Ou seja, um comprador que observasse somente o critério preço, não efetuará a melhor compra para a proteção dos trabalhadores.

## Referências

ABNT NBR 16076:2016, Equipamento de proteção individual - Protetores auditivos - Medição de atenuação de ruído com métodos de orelha real. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2016.

- BELTRAME, A. L. Desenvolvimento de software para seleção de equipamentos de proteção auditiva. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.
- BERGER, E. H. (Ed.). The noise manual. AIHA, 2003.
- BRASIL. Norma Regulamentadora. NR-06, 2015. Equipamento de proteção individual EPI. Atualização/Alteração portaria MTE nº505, de 16 de abril de 2015.
- COSTA, H. G. Auxílio multicritério à decisão: método AHP. Rio de Janeiro: Abepro, 2006.
- FARIAS, V. H. V.; LIMA BURITI, A. K.; DINIZ DA ROSA, M. R. Ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros. Revista CEFAC, v. 14, n. 3, 2012
- FERNANDES, J. C. Acústica e ruídos. Bauru: Unesp, v. 102, 2002.
- HAGER, L. Support the 85/3 Occupational Noise Exposure Project. Sound & Vibration, v. 46, n. 12, p. 4-4, 2012.
- KARINO, M. E., MARTINS, J. T. e BOBROFF, M. C. C. Reflexão sobre as políticas de saúde do trabalhador no Brasil: avanços e desafios. Cienc. Cuid. Saude, v. 10, n. 2, p. 395-400, 2011.
- LIE, A. et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. International archives of occupational and environmental health, v. 89, n. 3, p. 351-372, 2016.
- MAIA, P. A. O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional. UNICAMP, Campinas. 1999.
- NAWAZ, S. K.; HASNAIN, S. Occupational noise exposure may induce oxidative DNA damage. Pol J Environ Stud, v. 22, p. 1547-51, 2013.
- NETO, E. P. et al. Aplicação do Método AHP Clássico na escolha de um modelo de controlador lógico programável (CLP) para a instalação em um novo projeto de plataforma marítima. X Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2014.
- PASSCHIER-VERMEER, W.; PASSCHIER, W. F. Noise exposure and public health. Environmental health perspectives, v. 108, n. Suppl 1, p. 123, 2000.
- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.
- SEIXAS, N, GOLDMAN, B., SHEPPARD, L., NEITZEL, R., NORTON, S. AND KUJAWA, S., Prospective noise induced changes to hearing among construction industry apprentices, Occup. Environ. Med. 2005, May; 62(5): 309–317.
- SESI SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA, Segurança e saúde na Indústria da construção no Brasil: Diagnóstico e Recomendações para a Prevenção dos Acidentes de Trabalho. Brasília: SESI/DN, 2015.
- SVIECH, P. S. et al. Avaliação do conforto do protetor auditivo individual numa intervenção para prevenção de perdas auditivas. Rev CEFAC, v. 15, n. 5, p. 1325-37, 2013.
- VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of operational research, v. 169, n. 1, p. 1-29, 2006.
- ZAWILLA, N. et al. Angiotensin-converting enzyme gene polymorphisms and hypertension in occupational noise exposure in Egypt. International journal of occupational and environmental health, v. 20, n. 3, p. 194-206, 2014.