

Análise multicritério para seleção de membros de equipes para projetos de software

Multicriteria analysis to select team members for software projects

Análisis multicriterio para selección de miembros del equipo para proyectos de software

Recebido: 27/10/2020 | Revisado: 03/11/2020 | Aceito: 10/11/2020 | Publicado: 13/11/2020

Carlos Eduardo Stefani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-5991>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: cafani@gmail.com

Marcelo Duduchi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0969-4737>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: mduduchi@gmail.com

Marília Macorin de Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0225-8155>

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil

E-mail: marilia.azevedo@fatec.sp.gov.br

Resumo

Este estudo apresenta uma aplicação de Análise Multicritério para avaliação e seleção de membros de equipes de projetos de software por meio da adequação do perfil técnico buscando verificar se equipes existentes utilizaram critérios técnicos para sua composição. Utiliza-se de levantamento documental de autoavaliação de conhecimentos de colaboradores, levantamento de campo para definição de nível requerido de conhecimentos em projetos e ponderação por meio de comparação par-a-par utilizando método AHP, categorização de conhecimentos utilizando análise de contexto e apuração índices médios de adequação técnica (IAT), tendo empregadas abordagens qualitativa e quantitativa. Nele é explorada uma nova aplicação do método AHP que visa melhorar a tomada de decisão na seleção de membros de equipes para desenvolvimento de software. Como principais resultados, observou-se baixo nível de adequação técnica nos projetos analisados (inferior a 50%). Corroborando com este resultado, a simulação da redistribuição de membros entre equipes provocou melhoria absoluta de 2,3% e relativa de 10% no indicador. O resultado indicou que o critério técnico

não é o adotado na seleção dos membros das equipes ou houve restrições na escolha. Como implicações, o estudo mostra que, desejando-se selecionar membros de equipes utilizando critério técnico, é possível utilizar o método AHP como suporte à tomada de decisão, aumentando a assertividade.

Palavras-chave: Sistemas produtivos; Seleção de equipes; Projeto de software; AHP.

Abstract

This study presents an application of Multicriteria Analysis for evaluation and selection of members of software project teams through the adequacy of the technical profile, aiming to verify if existing teams used technical criteria for their composition. It uses documentary self-assessment of knowledge made by employees, field survey to define required levels of knowledge in projects and weighting through peer-to-peer comparison using AHP, categorization of knowledge using context analysis and calculation of average technical adequacy indexes (TAI), using both qualitative and quantitative approaches. It explores a new application of the AHP method that aims to improve decision making in selection of team members for software development. As main results found that there was a low level of technical adequacy in the analyzed projects (less than 50%). Corroborating this result, simulation of the redistribution of members between teams caused absolute improvement of 2.3% and relative improvement of 10% in indicator. This result indicated that technical criteria is not the one adopted in selection of team members or there were restrictions at choice. This study shows that is possible to use the AHP method to support decision making when selecting team members using technical criteria, increasing assertiveness.

Keywords: Productive systems; Team selection; Software design; AHP.

Resumen

Este estudio presenta una aplicación de Análisis Multicriterio para la evaluación y selección de miembros de equipos de proyectos de software a través de la adecuación del perfil técnico buscando verificar si los equipos existentes utilizaron criterios técnicos para su composición. Utiliza la autoevaluación documental del conocimiento de los empleados, la encuesta de campo para definir el nivel de conocimiento requerido en los proyectos y la ponderación a través de la comparación entre pares utilizando el método AHP, categorización del conocimiento mediante el análisis de contexto y cálculo de índices medios de adecuación técnica (IAT), utilizando enfoques cualitativos y cuantitativos. Este estudio explora una nueva aplicación del método AHP que tiene como objetivo mejorar la toma de decisiones en la

selección de miembros del equipo para el desarrollo de software. Como principales resultados se observa un bajo nivel de adecuación técnica en los proyectos analizados (menos del 50%). Corroborando este resultado, la simulación de la redistribución de miembros entre equipos provocó una mejora absoluta del 2,3% y una mejora relativa del 10% en el indicador. El resultado indicó que el criterio técnico no es el adoptado en la selección de los miembros del equipo o hubo restricciones en la elección. El estudio muestra que, al querer seleccionar a los miembros del equipo con criterios técnicos, es posible utilizar el método AHP para apoyar la toma de decisiones, aumentando la asertividad.

Palabras clave: Sistemas productivos; Selección de equipo; Diseño de software; AHP.

1. Introdução

Se há alguns anos concebía-se a possibilidade de empresas não informatizadas, hoje possivelmente elas nem mais existem. A computação está onipresente nas organizações. De softwares para tomada de decisão nos níveis mais altos da hierarquia, até planilhas eletrônicas e comunicadores instantâneos nos níveis mais operacionais há a intensa utilização de software.

Muitas empresas buscam novos modelos de negócio por meio da transformação digital, que reforça a necessidade de utilização e desenvolvimento de softwares cada vez mais personalizados.

A produção de software, por sua vez, busca a eficiência e eficácia por meio da capacidade de adaptar-se. Entregar o que o cliente solicitou não é mais suficiente, é necessário saber o que ele precisa e agir de modo eficiente para que o resultado produzido pelo software seja efetivo para os negócios das organizações. Para um mercado em crescente mudança é necessário adaptar-se e, para isso, a competência técnica se torna fundamental.

O software produzido de maneira personalizada, com objetivos exclusivos e para atender um cliente específico pode ser classificado como prestador de serviço. Não apenas sob a ótica da equipe que o produz, mas também sob a ótica da organização que o utiliza como meio de alcançar seu consumidor. Deste modo, a qualidade do software é medida pela superação das expectativas dos seus usuários consumidores.

Para a produção de software com tais características são necessárias equipes que sejam eficazes em responder com agilidade às expectativas do negócio e dos clientes. Tais equipes

precisam ser tecnicamente adequados aos projetos para que possam colaborar de forma efetiva para a obtenção de resultados satisfatórios.

Quando a escolha de membros de equipes de projetos de software é realizada de forma subjetiva, pautada por preferências pessoais, heurísticas ou outros vieses que não se baseiam em dados, principalmente tratando-se da adequação técnica, o resultado pode ser equipes menos otimizadas para a construção do software. Faz-se necessário, portanto, investigar se a escolha de membros de equipes tem o perfil técnico dos integrantes como principal critério de escolha.

2. Referencial Teórico

Nesta seção é apresentado um breve referencial teórico acerca de análise multicritério, método AHP e seleção de equipes para projetos de software.

2.1 Análise multicritério para suporte à tomada de decisão

Tomadas de decisão complexas, que envolvam múltiplos critérios, possuem desafios para os tomadores de decisão, muitos dos quais causados por métodos subjetivos e vieses cognitivos. Para reduzir estes vieses, surgiram propostas de análise multicritério para suporte à tomada de decisão agrupadas nas chamadas escolas de pensamento, tendo como destaque as escolas francesa e americana (Bazerman, 2014).

A escola americana surgiu na década de 70 buscando sistematizar o processo de tomada de decisão tomando por base conceitos matemáticos (Fishburn, 1970, 1972, 1982). Tem o método Analytic Hierarchy Process (AHP) como o mais conhecido, que opera a partir da hierarquização dos critérios de escolha e comparação par-a-par e parte da premissa de que é possível comparar dois critérios, definindo a preferência entre eles (Saaty, 1980, 1990, 2013).

A escola francesa surge na década de 80 com o método Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), prevendo a possibilidade da incomparabilidade entre os diferentes critérios, situação em que não é possível estabelecer preferência. Apresenta-se, nestes casos, como alternativa à escola americana, utilizando métodos de superação, em que se considera somente as comparações que se acredita serem possíveis (Roy, 1976, 1985, 1990, 1991).

Esta pesquisa partiu da premissa da comparabilidade entre os critérios e, para este caso, o método AHP mostrou-se mais adequado.

2.2 O método AHP

O método AHP é uma abordagem de tomada de decisão multicritério criada por Saaty (1980) nos Estados Unidos em que os fatores são arrançados de forma hierárquica. De acordo com Saaty (1990), escolher os fatores e priorizá-los são possivelmente as tarefas mais desafiadoras da tomada de decisão. O método define uma escala relativa de importância em que os fatores são comparados aos pares, ao invés de compará-los simultaneamente, buscando, deste modo, reduzir a subjetividade da decisão (Saaty, 1990).

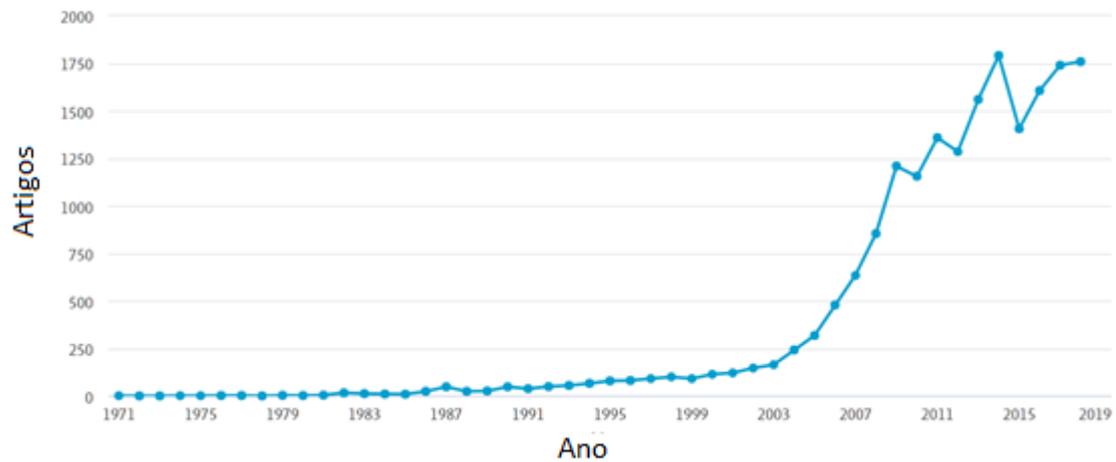
Outras versões do método, como o Método AHP Multiaplicativo (Lootsma, 1990), o Método AHP Referenciado (Watson & Freeling, 1982) e o Método AHP B-G (Belton & Gear, 1985), surgiram como abordagens alternativas visando principalmente a incorporação de novos critérios ao longo do processo reduzindo a necessidade de refazer a classificação dos critérios anteriores. Estas alternativas, porém, mantiveram a essência de hierarquização e priorização aos pares e não tornaram obsoleto o método AHP, ao qual se basearam.

No AHP os critérios são organizados de forma hierárquica em categorias e subcategorias e comparados. As comparações são realizadas entre categorias, subcategorias e elementos de um mesmo nível respeitando-se sua descendência na hierarquia, ou seja, são comparadas as categorias, as subcategorias de uma mesma categoria e os elementos dos níveis inferiores de cada categoria/subcategoria até que tenha sido comparado o nível mais baixo da hierarquia (Saaty, 1980, 1990, 2013).

Como parte do AHP, utiliza-se um modelo matemático baseado em matrizes que é capaz de detectar inconsistências na transitividade das respostas. Então, se A é preferível a B e B é preferível a C, A precisa ser preferível a C. Caso não seja, o modelo matemático sinaliza a inconsistência, podendo, então, os critérios serem revisados ou a decisão adiada até que se tenha maior clareza acerca dos elementos (Saaty, 2013).

Saaty (2013) traz um histórico da utilização do AHP e diversos exemplos de aplicações ao longo de seus quase 40 anos de existência e destaca a contribuição do método para melhoria da tomada de decisão multicritério em múltiplos cenários.

Figura 1. Publicações por ano com o termo “*Analytic Hierarchy Process*” segundo a base Scopus



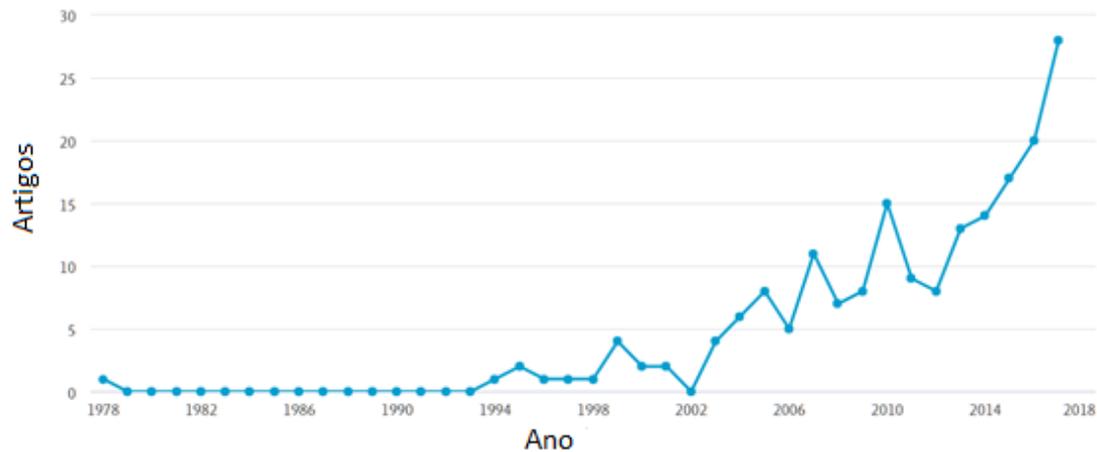
Fonte: Autores.

A partir da pesquisa por “Analytic Hierarchy Process” em títulos, resumos e palavras-chave de artigos na base Scopus, pode-se verificar que a publicação científica sobre o método AHP está em ascensão, como pode ser observado na Figura 1. Até 1990 o número de publicações era bem baixo. Em 2004 o número de publicações chegou a 250 e a partir daí houve um incremento muito grande de publicações que chegaram a 1750 em 2018.

2.3 Seleção de equipes de projetos de software

A partir da busca por “*team select**” AND “*software*” AND (*project** OR *development*) em títulos, resumos e palavras-chave de artigos na base Scopus, foram encontrados 208 artigos. A distribuição destes ao longo dos anos pode ser vista na Figura 2, em que é possível observar que o assunto está em ascensão.

Figura 2. Publicações por ano com a *string* "team select*" AND "software" AND (project* OR development) na base Scopus.



Fonte: Autores.

Observa-se, na Figura 2, que os estudos acerca da seleção de equipes que incluem desenvolvimento ou projeto e software começaram a se tornar relevantes a partir de 1994. Houve crescimento nas publicações a partir de 2006, tendo sido intensificado a partir de 2014. Esta constatação indica forte tendência de ampliação dos estudos e publicações nos próximos anos.

Fitzpatrick e Askin (2005) discutem sobre a formação de equipes efetivas de trabalhadores com requisitos multifuncionais. Segundo os autores, para que uma equipe seja efetiva, ele precisa conter todas as competências necessárias para completar o trabalho. Em seu estudo, os trabalhadores são classificados de acordo com as suas competências e, a partir delas, são aplicados modelos matemáticos para definir qual equipe cada indivíduo irá compor. Concluem que o desempenho da equipe depende de comportamentos individuais, interações interpessoais e competência técnica, porém o foco do seu trabalho foi em fatores humanos.

Um estudo de automatização da escolha de membros de equipe é apresentado por Cabanillas et al. (2015). Os autores criam uma linguagem nomeada "RALTeam" em que os requisitos dos membros das equipes são definidos para que, quando a equipe precisar ser formada, o sistema busque as pessoas que possuam as competências necessárias e estejam disponíveis. O estudo é testado na área da saúde e tem por finalidade a escolha em tempo real de membros de equipes para aplicações, por exemplo, de composição de equipe cirúrgica.

O Quadro 1 contém 12 artigos encontrados nos últimos 10 anos na base Scopus que tratam de seleção de equipes e AHP, porém nenhum aborda seleção de equipes para projetos de software, indicando um gap de pesquisa.

Quadro 1. Artigos que tratam de seleção de equipes e AHP na base Scopus.

Autor	Ano	Título	Citações
Kelemenis, Ergazakis e Askounis	2011	<i>Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS</i>	74
Browning	2016	<i>Design Structure Matrix Extensions and Innovations: A Survey and New Opportunities</i>	41
Shu et al.	2009	<i>A method for member selection of R&D teams using the individual and collaborative information</i>	34
Toh e Miller	2015	<i>How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity</i>	23
Tsai et al.	2013	<i>Combining Decision Making Trial and Evaluation Laboratory with Analytic Network Process to Perform an Investigation of Information Technology Auditing and Risk Control in an Enterprise Resource Planning Environment</i>	10
Guillaume, Houé e Grabot	2014	<i>Robust competence assessment for job assignment</i>	7
Carr	2005	<i>Globalization and culture at work: Exploring their combined glocality (Book)</i>	3
Zheng, Ritter e Miller	2018	<i>How concept selection tools impact the development of creative ideas in engineering design education</i>	1
Zheng e Miller	2016	<i>How do I choose? The influence of concept selection methods on student team decision-making</i>	1
Omar et al.	2015	<i>Team formation model of selecting team leader: An analytic hierarchy process (AHP) approach</i>	1
Chavira et al.	2017	<i>A multicriteria outranking modeling approach for personnel selection</i>	0

Fonte: Autores.

Como é possível verificar, o artigo mais citado sobre o tema é o artigo “*Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS*” de Kelemenis, Ergazakis e Askounis de 2011 que tem 74 citações. Em seguida o artigo “*Design Structure Matrix Extensions and Innovations: A Survey and New Opportunities*” de Browning de 2016 com 41 citações. O terceiro artigo mais citado com 35 citações é o “*A method for member selection of R&D teams using the individual and collaborative information*” de 2009. O quarto artigo mais citado é o “*How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity*” de Toh e Miller de 2015, com 23 citações e o artigo “*Combining Decision Making Trial and Evaluation Laboratory with Analytic Network Process to Perform an Investigation of Information Technology Auditing and Risk Control in an Enterprise Resource Planning Environment*” de 2013 com 10 citações. Todos os outros artigos apresentam menos que 10 citações.

Para melhor guiar a pesquisa, foram definidas as seguintes Hipóteses (H):

H1. A adequação do perfil técnico dos membros das equipes em relação às necessidades dos projetos em que participam é relativamente baixa (inferior a cinquenta por cento).

H2. A troca de membros entre equipes pode melhorar a adequação do perfil técnico dos projetos quando considerados em conjunto.

3. Método

No Quadro 2 encontram-se as classificações metodológicas da pesquisa. Trata-se de uma pesquisa científica aplicada, uma vez que busca gerar conhecimento para aplicação prática para solução de problema. É descritiva pois proporciona uma nova forma de aplicar conhecimentos já existentes, sem explicar o porquê dos fenômenos, mas buscando direcioná-los de forma mais adequada.

Quadro 2. Classificação metodológica da pesquisa.

Classificação	
Categoria	Pesquisa científica aplicada
Tipo pesquisa	Descritiva
Tipo análise	Qualitativa e Quantitativa
Procedimentos técnicos	Pesquisa bibliográfica, documental primária e levantamento de campo

Fonte: Autores.

Para atender aos objetivos da pesquisa foi adotada a abordagem combinada, sendo qualitativa quando realiza análise de contexto para categorização dos conhecimentos, com uso de variáveis nominais e ordinais (classificação), e quantitativa para a análise da adequação do perfil técnico dos membros das equipes em relação aos seus projetos, com uso de variáveis discretas (contagem). Como instrumentos, faz uso de pesquisa bibliográfica, coleta documental primária e levantamento de campo (Cauchick-Miguel, 2018).

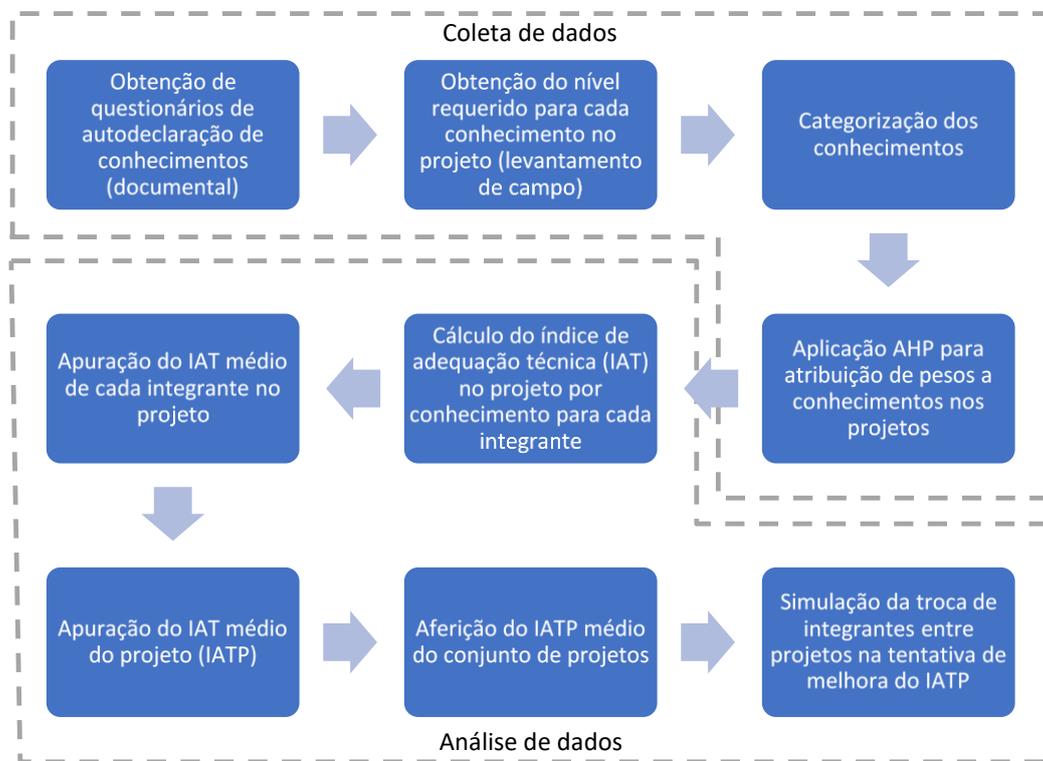
Segundo Cauchick-Miguel (2018) a pesquisa qualitativa é um importante instrumento de pesquisa quando se deseja obter informações sob a perspectiva dos indivíduos e suas variáveis são categóricas e classificatórias, diferindo-se da pesquisa quantitativa que utiliza variáveis discretas (contagem) e contínuas (mensuração). Mensurar variáveis de pesquisa é, então, característica mais marcante da abordagem quantitativa. A abordagem quantitativa, porém, é um instrumento pouco adequado para entender o contexto do fenômeno, que é um

ponto forte da abordagem qualitativa. Todavia, a abordagem quantitativa é menos suscetível a vieses na coleta de dados. A combinação de ambas, portanto, fortalece a qualidade da pesquisa.

Para melhor direcionar a pesquisa, foram elaboradas previamente hipóteses baseadas na literatura. Segundo Cauchick-Miguel (2018) as hipóteses possuem respostas provisórias para o problema e são importante instrumento para guiar a ação do pesquisador.

Os procedimentos da pesquisa seguiram um conjunto de tarefas que são apresentadas nas seções a seguir e são mostradas na Figura 3.

Figura 3. Procedimentos da pesquisa.



Fonte: Autores.

3.1 Coleta de dados

Foi selecionada uma empresa de grande porte, atuante no setor bancário, que possui expressivo número de colaboradores na área de desenvolvimento de software (acima de 500). A coleta de dados foi realizada in loco na empresa e utilizou os procedimentos relatados nesta seção.

Foram obtidos, em forma digital, questionários de auto declaração de conhecimentos técnicos aplicados a membros de projetos. Os questionários, assim como os conhecimentos, já existiam na empresa e foram obtidos de forma documental. Foram coletados questionários de 14 funcionários distribuídos em 3 equipes.

Por meio de formulários, foi solicitado a gerentes de duas equipes a definição dos conhecimentos necessários e seus níveis para os projetos que lideram, sendo que cada um realizou a definição para um projeto. Para uma terceira equipe, foi solicitado que os próprios integrantes fizessem a atribuição em consenso. Os níveis de conhecimento necessários foram de uma escala de 1 a 6, sendo que 1 define um nível iniciante e 6 um nível especialista, como é mostrado no Quadro 3. Os níveis definidos para os projetos utilizaram a mesma escala utilizada nos questionários de auto declaração de conhecimentos.

Quadro 3. Níveis de conhecimento.

#	Nível	Descrição
1	Iniciante	Tem conhecimento.
2	Básico	Tem conhecimento e habilidades de nível básico.
3	Intermediário	Tem conhecimento e habilidades de nível intermediário. Monitoramento para executar as atividades.
4	Independente	Tem conhecimento e habilidades de nível independente. Sem monitoramento para executar as atividades.
5	Avançado	Tem conhecimento e habilidades de nível avançado.
6	Especialista	Tem conhecimento e habilidades de nível especialista.

Fonte: Autores.

Foi realizada a categorização dos conhecimentos utilizados nos questionários por meio de análise de contexto. Foram definidas 4 categorias e 17 subcategorias para os 278 conhecimentos utilizados neste estudo. As categorias e subcategorias definidas são mostradas no Quadro 4.

Quadro 4. Categorias e subcategorias de conhecimentos.

Categoria	Subcategoria
Ferramentas	Analytics
	Automação
	Ciclo de vida
	Desenvolvimento
	Design
	Infra
	Produtividade
Habilidades	Negocial
	Técnica
Infraestrutura	Banco de dados
	Conteinerização
	Hardware
	Rede
	Servidor Web
	Sistemas operacionais
Linguagens	Back End
	Front End

Fonte: Autores.

Por meio do software online AHP-OS (BPMG, 2018) foi solicitado aos gerentes de duas equipes e aos integrantes de uma terceira equipe a atribuição de preferência par-a-par conforme prevê o método AHP. Um exemplo de seleção por meio do AHP é mostrado na Figura 4.

Figura 4. Exemplo de atribuição de preferência par-a-par.

	A - wrt Projetos - or B?	Equal	How much more?
1	<input checked="" type="radio"/> Ferramentas or <input type="radio"/> Habilidades	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Ferramentas or <input type="radio"/> Infraestrutura	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Ferramentas or <input type="radio"/> Linguagens	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Habilidades or <input type="radio"/> Infraestrutura	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Habilidades or <input type="radio"/> Linguagens	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Infraestrutura or <input type="radio"/> Linguagens	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

Fonte: Autores, utilizando o software AHP-OS (BPMG, 2018).

A ferramenta AHP-OS apresenta de forma automática a combinação dos elementos em pares. Para cada par o avaliador define qual dos dois elementos é preferível e o nível de

preferência, seguindo a escala de Saaty (1980) em que 1 é definido como igual importância e 9 como extremamente mais importante. O avaliador escolhe o nível que mais se adequa à preferência entre os elementos do par.

3.2 Análise de dados

A partir do cruzamento dos dados obtidos nas auto declarações de conhecimentos, nível requerido para cada conhecimento no projeto e pesos atribuídos para cada categoria de conhecimento, foi realizado o cálculo do índice de adequação técnica (IAT) no projeto por conhecimento para cada participante. O IAT foi calculado tanto sem fatores de ponderação quanto com fatores de ponderação obtidos por meio da aplicação do método AHP nas categorias e subcategorias. A aplicação do IAT neste formato foi para avaliar o resultado da utilização do método AHP.

Foi, então, apurado o IAT médio de cada integrante no projeto em que atua, apurado o IAT médio do projeto (IATP) considerando todos os seus membros e aferido o IATP médio do conjunto de projetos.

Como última etapa, foi apurado o IAT médio de todas as pessoas em relação a todos os projetos avaliados e realizada a simulação de redistribuição dos membros das equipes utilizando seleção rotativa entre projetos, até que todos os membros dos projetos estivessem selecionados. A seleção rotativa consistiu em selecionar o membro disponível com maior IAT para o Projeto A, depois para o Projeto B e depois para o Projeto C, reiniciando o ciclo até que todos os membros de cada projeto estivessem selecionados, de acordo com sua quantidade original.

4. Resultados e Discussão

Foram obtidas declarações de autoconhecimento de 14 funcionários, integrantes de equipes de 3 projetos. A distribuição dos membros nas equipes é exibida no Quadro 5.

Quadro 5. Distribuição dos membros nas equipes de projetos.

Projeto	Quantidade de membros
A	3
B	7
C	4

Fonte: Autores.

Foram definidos conhecimentos necessários para três projetos, sendo que para o Projeto A foram indicados 75 conhecimentos, para o Projeto B foram indicados 27 conhecimentos e para o Projeto C foram indicados 122 conhecimentos, como é mostrado no Quadro 6. Observa-se que o desvio padrão do nível variou de 0,98 a 1,5 e seu coeficiente de variância foi de 0,26 a 0,4. A amostra pode ser considerada razoavelmente uniforme (desvio padrão próximo a 0,3), sendo que o Projeto C foi o que apresentou a maior variância (0,4).

Quadro 6. Indicadores dos níveis de conhecimento necessários por projeto.

Projeto	Quantidade	Média do nível	Desvio do nível	Padrão	Coefficiente de Variância	de do nível
A	75	3,73	1,07		0,31	
B	27	3,74	0,98		0,26	
C	122	3,4	1,5		0,4	

Fonte: Autores.

Os conhecimentos foram agrupados e categorizados por meio de análise de contexto, que resultou em dois níveis hierárquicos. O resultado com a quantidade de conhecimentos que cada categoria englobou é mostrado no Quadro 7. A categorização permite maior facilidade e acuracidade na definição de pesos por meio da aplicação do método AHP. Observa-se que Infraestrutura foi o item com maior quantidade de elementos (118), seguido por Habilidades (73), Linguagens (46) e Ferramentas (41).

Quadro 7. Categorias e subcategorias de conhecimentos.

Ferramentas	41
Analytics	1
Automação	2
Ciclo de vida	8
Desenvolvimento	16
Design	6
Infra	5
Produtividade	3
Habilidades	73
Negocial	24
Técnica	49
Infraestrutura	118
Banco de dados	11
Containerização	7
Hardware	39
Rede	48
Servidor Web	5
Sistemas operacionais	8
Linguagens	46
Back End	24
Front End	22
Total Geral	278

Fonte: Autores.

O resultado da aplicação de AHP a cada projeto pode ser visto nos Quadros 8, 9 e 10, que apresentam as categorias, subcategorias com fator de ponderação em relação à categoria e o percentual do fator geral em relação ao projeto. Observa-se que alguns itens se destacaram, sendo que o item de maior preferência de cada projeto foi superior a 30% do projeto.

Quadro 8. Resultado da indicação de preferências por AHP no Projeto A.

Projeto	Categoria	Subcategoria	% Fator
Projeto A	Ferramentas 0,151	Analytics 0,114	1,7%
		Automação 0,132	2,0%
		Ciclo de vida 0,081	1,2%
		Desenvolvimento 0,346	5,2%
		Design 0,058	0,9%
		Infra 0,156	2,4%
		Produtividade 0,114	1,7%
	Habilidades 0,397	Negocial 0,143	5,7%
		Técnica 0,857	34,0%
	Infraestrutura 0,226	Banco de dados 0,207	4,7%
		Containerização 0,246	5,6%
		Hardware 0,085	1,9%
		Rede 0,100	2,3%
		Servidor Web 0,212	4,8%
		Sistemas operacionais 0,151	3,4%
	Linguagens 0,226	Back End 0,500	11,3%
Front End 0,500		11,3%	

Fonte: Autores.

Para o Projeto A a categoria e subcategoria de conhecimentos preferível foi a Habilidades Técnicas (34%), enquanto para o Projeto B foi Linguagens Front End (49%) e para o Projeto C foi Linguagens Back End (34,6%). Conclui-se desta variação de preferência que os projetos possuem requisitos técnicos diferentes uns em relação aos outros e, portanto, necessitam de profissionais com perfis técnicos diferentes.

Quadro 9. Resultado da indicação de preferências por AHP no Projeto B.

Projeto	Categoria	Subcategoria	% Fator
Projeto B	Ferramentas 0,222	Analytics 0,020	0,50%
		Automação 0,132	2,90%
		Ciclo de vida 0,169	3,80%
		Desenvolvimento 0,245	5,40%
		Design 0,028	0,60%
		Infra 0,375	8,30%
		Produtividade 0,030	0,70%
	Habilidades 0,143	Negocial 0,167	2,40%
		Técnica 0,833	11,90%
	Infraestrutura 0,075	Banco de dados 0,292	2,20%
		Containerização 0,030	0,20%
		Hardware 0,081	0,60%
		Rede 0,042	0,30%
		Servidor Web 0,160	1,20%
		Sistemas operacionais 0,394	2,90%
	Linguagens 0,560	Back End 0,125	7,00%
Front End 0,875		49,00%	

Fonte: Autores.

Ainda sobre a ponderação, observa-se que o Projeto C possui um segundo item com alta importância (técnica com 27,3%), sendo que nos demais projetos, após o principal item, todos possuem fator de preferência inferior a 12%.

Quadro 10. Resultado da indicação de preferências por AHP no Projeto C.

Projeto	Categoria	Subcategoria	% Fator
Projeto C	Ferramentas 0,070	Analytics 0,110	0,80%
		Automação 0,122	0,90%
		Ciclo de vida 0,400	2,80%
		Desenvolvimento 0,230	1,60%
		Design 0,045	0,30%
		Infra 0,063	0,40%
		Produtividade 0,031	0,20%
	Habilidades 0,328	Negocial 0,167	5,50%
		Técnica 0,833	27,30%
	Infraestrutura 0,206	Banco de dados 0,249	5,20%
		Containerização 0,232	4,80%
		Hardware 0,026	0,50%
		Rede 0,107	2,20%
		Servidor Web 0,135	2,80%
		Sistemas operacionais 0,250	5,20%
	Linguagens 0,396	Back End 0,875	34,60%
Front End 0,125		4,90%	

Fonte: Autores.

Foram, então, realizados os cálculos de Índice de adequação técnica (IAT) médio por conhecimento para cada integrante em relação ao projeto em que atua, por projeto e geral para os projetos em duas etapas: sem fatores de ponderação e com fatores de ponderação obtidos na aplicação do método AHP, conforme mostrado nos Quadros 11, 12 e 13.

Observa-se que para o Projeto A todos os integrantes possuem IAT médio inferior a 20% tanto com fatores de ponderação como sem fatores de ponderação, conforme mostrado no Quadro 11. A média do projeto foi de 15% sem fatores de ponderação e 15,3% com fatores de ponderação. Isto indica uma adequação técnica muito baixa dos membros da equipe em relação ao projeto e que há muitos conhecimentos que a equipe, na média, não possui no nível indicado como necessário para o projeto. Cabe observar, também, que, considerando-se o IAT médio com ponderação, encontra-se um desvio padrão 3,5% para o Projeto A, com um coeficiente de variância de 0,23, o que significa que seus membros possuem adequação técnica relativamente homogênea.

Quadro 11. Índice de adequação técnica (IAT) médio sem e com ponderação por AHP para o Projeto A.

Pessoa	IAT médio sem ponderação	IAT médio com ponderação
1	16,2%	16,0%
11	11,1%	11,6%
14	17,7%	18,4%
Média Projeto	15,0%	15,3%

Fonte: Autores.

O Projeto B apresentou IAT médio significativamente superior ao apresentado pelo Projeto A, já discutido, conforme mostrado no Quadro 12, sendo de 29,3% sem fatores de ponderação e 32,5% com fatores de ponderação. Porém, o percentual ainda é baixo e não supera 50% de IAT. Além disso, obteve um desvio padrão de 22% e o coeficiente de variância 0,68, o que significa que o IAT possui diferenças acentuadas em relação aos membros da equipe. Dois membros apresentaram-se com IAT médio inferior a 5%, enquanto os demais possuem IAT médio superior a 25%. O membro que possui perfil menos adequado, considerando-se o IAT médio com ponderação, possui IAT médio 2,4%, enquanto que o membro com perfil mais adequado possui IAT médio de 57,7%, uma diferença significativa de 55,3%.

Quadro 12. Índice de adequação técnica (IAT) médio sem e com ponderação por AHP para o Projeto B.

Pessoa	IAT médio sem ponderação	IAT médio com ponderação
2	5,6%	2,4%
5	32,2%	57,7%
6	36,0%	28,0%
7	51,4%	41,0%
9	26,8%	47,0%
12	44,6%	47,5%
13	8,6%	3,8%
Média Projeto	29,3%	32,5%

Fonte: Autores.

Observa-se que o Projeto C, assim como ocorre com o Projeto A e Projeto B, possui baixo IAT (inferior a 50%), tendo apresentado IAT médio sem ponderação de 22% e IAT médio com ponderação de 25,4%. O Projeto C apresentou um desvio padrão de 14,5% e coeficiente de variância de 0,57, números que indicam maior homogeneidade em relação ao Projeto B, mas ainda com diferença acentuada nos membros da equipe. Observando individualmente as pessoas, observa-se que a Pessoa 10 possui IAT médio com ponderação de 4,5%, enquanto os demais membros da equipe estão acima de 25%, indicando que o perfil técnico desta destoa acentuadamente em relação ao dos demais membros da equipe.

Quadro 13. Índice de adequação técnica (IAT) médio sem e com ponderação por AHP para o Projeto C.

Pessoa	IAT médio sem ponderação	IAT médio com ponderação
3	26,5%	30,0%
4	28,6%	28,8%
8	30,4%	38,2%
10	2,7%	4,5%
Média Projeto	22,0%	25,4%

Fonte: Autores.

Considerando todos os projetos analisados, o IAT médio com e sem ponderação ficou abaixo de 25%, tendo aumentado em 2,3% quando considerou-se fatores de ponderação, como é mostrado no Quadro 14. Considerando que o IAT médio sem ponderação dos projetos foi de 22,1%, o aumento de 2,3% representa, de modo relativo, aumento de cerca de 10%. Verificou-se que individualmente nenhum projeto superou 35% de adequação, sendo que o maior IAT médio foi de 32,5%. O resultado confirma a hipótese H1: A adequação do perfil

técnico dos membros das equipes em relação às necessidades dos projetos em que participam é relativamente baixa (inferior a cinquenta por cento).

Quadro 14. Índice de adequação técnica (IAT) médio sem e com ponderação por AHP dos projetos.

Projeto	IAT médio sem ponderação	IAT médio com ponderação
A	15,0%	15,3%
B	29,3%	32,5%
C	22,0%	25,4%
Média Projetos	22,1%	24,4%

Fonte: Autores.

Para verificar a hipótese H2 (A troca de membros entre equipes pode melhorar a adequação do perfil técnico dos projetos quando considerados em conjunto), foi calculado o IAT médio com ponderação de todas as pessoas avaliadas em relação a todos os projetos discutidos nesta pesquisa; o resultado é mostrado no Quadro 15.

Quadro 15. Índice de adequação técnica (IAT) médio com ponderação de cada pessoa por projeto.

Pessoa	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Média
1	16,0%	63,3%	18,2%	32,5%
2	1,7%	2,4%	4,3%	2,8%
3	35,2%	67,4%	30,0%	44,2%
4	23,9%	62,9%	28,8%	38,5%
5	6,4%	57,7%	6,3%	23,5%
6	7,3%	28,0%	17,7%	17,7%
7	9,5%	41,0%	16,1%	22,2%
8	25,5%	80,8%	38,2%	48,2%
9	9,9%	47,0%	4,3%	20,4%
10	2,7%	15,6%	4,5%	7,6%
11	11,6%	29,7%	15,9%	19,1%
12	11,8%	47,5%	18,1%	25,8%
13	3,2%	3,8%	2,9%	3,3%
14	18,4%	44,9%	24,5%	29,3%
Média	13,1%	42,3%	16,4%	23,9%

Fonte: Autores.

Foi realizada simulação de redistribuição de pessoas nas equipes para verificar a variação do IAT. A seleção foi realizada de forma rotativa. Primeiro foi selecionado o membro mais adequado para o Projeto A, depois, das pessoas restantes, selecionado o membro mais adequado para o Projeto B e, em seguida, selecionado o membro mais

adequado para o Projeto C dos disponíveis. Na sequência, iniciou-se uma nova rodada de seleção até que a quantidade original de membros no projeto fosse atendida, momento em que se parou de selecionar membros para o projeto e passou-se a vez para os demais projetos, até que todos os projetos tivessem a quantidade de membros originais completada. O resultado da composição de cada projeto é mostrado no Quadro 16.

Quadro 16. Resultado do índice de adequação técnica (IAT) obtido com a simulação de redistribuição de membros entre equipes dos projetos.

Projeto A		3 integrantes
Pessoa		IAT
3		35,2%
14		18,4%
11		11,6%
Média Projeto		21,7%
Projeto B		7 integrantes
Pessoa		IAT
8		80,8%
1		63,3%
5		57,7%
9		47,0%
10		15,6%
13		3,8%
2		2,4%
Média Projeto		38,7%
Projeto C		4 integrantes
Pessoa		IAT
4		28,8%
12		18,1%
6		17,7%
7		16,1%
Média Projeto		20,2%

Fonte: Autores.

Como resultado da simulação de redistribuição de membros entre equipes, o IAT médio geral dos projetos melhorou 2,5%, como é mostrado no Quadro 17. Esta diferença, apesar de pouco significativa, confirma, a priori, a hipótese H2, uma vez que indica a possibilidade de melhoria do IAT dos projetos por meio da seleção de membros de equipes considerando o perfil técnico. Métodos mais eficientes de redistribuição dos membros, como teste de todas as combinações, possivelmente obterão resultados ainda melhores. Entretanto, 2,5% de ganho em relação aos 24,4% de IAT originais representam cerca de 10% de melhoria no IAT.

Quadro 17. Índice de adequação técnica (IAT) antes e depois da simulação de redistribuição de membros entre projetos.

Projeto	IAT antes (A)	IAT depois (B)	B - A
Projeto A	15,3%	21,7%	6,4%
Projeto B	32,5%	38,7%	6,2%
Projeto C	25,4%	20,2%	-5,2%
Média projetos	24,4%	26,9%	2,5%

Fonte: Autores.

Observa-se também no Quadro 17 que somente o Projeto C obteve piora no IAT (-5,2%) com a redistribuição de membros das equipes, sendo que tanto o Projeto A quanto o Projeto B obtiveram melhora no índice.

5. Considerações Finais

O resultado indicou baixo nível de adequação técnica, sinalizando que o perfil técnico possivelmente não é o mais utilizado para selecionar os membros das equipes, a não ser que tenham existido restrições na escolha. Este resultado confirma a hipótese H1, pois a adequação do perfil técnico dos membros das equipes em relação às necessidades dos projetos em que participam é inferior a cinquenta por cento. O resultado da hipótese H2, também confirmada, corrobora com o resultado da H1, uma vez que se observou aumento de 2,5% do IAT ao simular a troca dos membros das equipes de forma rotativa. Este aumento representa, de forma relativa, cerca de 10% de ganho no IAT.

O método AHP apresentou-se como importante ferramenta para atribuir pesos às preferências e auxiliar na tomada de decisão, tendo aumentado o índice de adequação técnica (IAT) médio dos projetos, de forma absoluta, em 2,3%. Apesar do ganho aparentemente modesto, deve ser considerado o fato de que o IAT médio sem ponderação dos projetos foi de 22,1% e, portanto, os 2,3% representam, de modo relativo, aumento de cerca de 10% no IAT.

Esta pesquisa está limitada aos conhecimentos técnicos declarados. Demais características, em especial soft skills não foram consideradas neste estudo. Além disso, neste estudo considerou-se que os projetos possuem prioridade equivalente, o que na prática pode não ser o mais comum, porém, para dirimir esta limitação, o método AHP pode ser aplicado para definir sua importância relativa. A amostra precisa ser ampliada para melhor validar os procedimentos e ampliar a possibilidade de generalização.

A contribuição prática deste estudo está na possibilidade de melhora na tomada de decisão na escolha de integrantes baseada no perfil técnico ao permitir avaliar a adequação dos candidatos às necessidades do projeto. Do ponto de vista acadêmico, utiliza o método AHP e apresenta uma nova aplicação para o método.

Para trabalhos e pesquisas futuras sugere-se verificar a correlação da adequação técnica com algum fator de resultado dos projetos (produtividade, retorno financeiro e outros). Sugere-se também estender este estudo para artigos que contemplem fatores adicionais como soft skills, colaboração entre membros das equipes, custo de cada colaborador e equipes multidisciplinares. O questionário de autoavaliação também pode ser aplicado periodicamente em estudos futuros para avaliar a evolução da adequação do perfil técnico das equipes em relação aos projetos após um período de amadurecimento da equipe.

Referências

- Bazerman, M. H. (2014). *Processo decisório*. (8a ed.) Elsevier. Rio de Janeiro. ISBN 978-85-352-7711-1
- Belston, V. A. & Gear, T. (1985). *The legitimacy of rank reversal - a comment*. Omega. 13(3), 143-144.
- BPMG. AHP Online System (2018). *Multi-criteria Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process*. <https://bpmsg.com/academic/ahp.php>
- Browning, T. (2016). *Design Structure Matrix Extensions and Innovations: A Survey and New Opportunities*. IEEE Transactions on Engineering Management. 63(1), 27-52.
- Cabinillas, C., Manoel, R., Mendiling, J. & Ruiz-Cortês, A. (2015). *Automated team selection and compliance checking in business processes*. Proceedings of the 2015 International Conference on Software and System Process. Estonia.
- Carr, S. C. (2005). *Globalization and culture at work: Exploring their combined globality*. Springer.

Zheng, X., Ritter, S. C. & Miller, S. R (2018). *How concept selection tools impact the development of creative ideas in engineering design education*. ASME. Journal of Mechanical Design. 140(5), 052002.

Cauchick-Miguel, P. A. (Ed.) (2018). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Chavira, D. A. G., Lopez, J. C. L., Noriega, J. J. S. & Leonardo, J. (2017). *A multicriteria outranking modeling approach for personnel selection*. IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).

Fishburn, P. C. (1970). *Utility theory for decision making*. Wiley, New York.

Fishburn, P. C. (1972). *Mathematics of decision theory*. UNESCO.

Fishburn, P. C. (1982). *The Foundation of Expected Utility*. Reidel, Dordrecht, Holland.

Fitzpatrick, E. L. & Askin, R. G. (2015). *Forming effective worker teams with multi-functional skill requirements*. Computers & Industrial Engineering. Elsevier. 48(3), 593-608.

Guillaume, R., Houé, R. & Grabot, B. (2014). *Robust competence assessment for job assignment*. European Journal of Operational Research. Elsevier. 238(2), 630-644.

Kelemenis, A., Ergazakis, K. & Askounis, D. (2011). *Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS*. Expert Systems with Applications. Elsevier. 38(3), 2774-2782.

Lootsma, F. A. (1990). *A multiplicative variant of the analytic hierarchy process*. Report of the Faculty of Technical Mathematics and Informatics, No. 90-45. Delft.

Roy, B. (1976). *From optimization to multicriteria decision aid: Three main operational attitudes*. In: Thiriez, H., Zionts, S. (Eds.), Multiple Criteria Decision Making, 130. Springer, Berlin, 1-32.

Roy, B. (1985). *Methodologie multicritère d'aide à la décision*. Economica, Paris.

Roy, B. (1990). *Decision aid and decision making*. European Journal of Operational Research 45, 324-331.

Roy, B. (1991). *The outranking approach and the foundations of electre methods*. Theor Decis 31, 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill. New York.

Saaty, T. L. (1990). *The AHP: How to make a decision*. European Journal of Operational Research, num. 48. North-Holland.

Saaty, T. L. (2013). *The Modern Science of Multicriteria Decision Making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach*. Operations Research 61(5), 1101-1118. <https://doi.org/10.1287/opre.2013.1197>

Shu, P., Feng, B., Jiang, Z., & Fu, N. (2009). *A method for member selection of R&D teams using the individual and collaborative information*. Expert Systems with Applications. 36. 8313-8323.

Toh, C. A., & Miller, S. R. (2015). *How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity*. Design Studies, 39, 111-138.

Tsai, W., Chou, Y., Lee, K., Lin, W. & Hwang, E. T. Y. (2013). *Combining Decision Making Trial and Evaluation Laboratory with Analytic Network Process to Perform an Investigation of Information Technology Auditing and Risk Control in an Enterprise Resource Planning Environment*. Systems Research and Behavioral Science. 30(2), 173-196.

Watson, S. R. & Freeling, A. N. S. (1982). *Assessing attribute weights by ratios*. Omega. 10(6), 582-585.

Zahraa, A. A. M., Omar, M., Ahmad, M. & Muhisn, S. (2015). *Team formation model of selecting team leader: An analytic hierarchy process (AHP) approach*. Journal of Software. 10, 1216-1227.

Zheng, X., & Miller, S.R. (2016). *How do I choose? The influence of concept selection methods on student team decision-making*. ASME. International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Carlos Eduardo Stefani - 60%

Marcelo Duduchi - 25%

Marília Macorin de Azevedo - 15%