

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÉSSIKA ALVARES COPPI ARRUDA GAYER

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO E MULTIVARIADO NO APOIO À
TOMADA DE DECISÃO PARA LOCALIZAÇÃO DE POLO PARA ENSINO A
DISTÂNCIA

CURITIBA

2021

JÉSSIKA ALVARES COPPI ARRUDA GAYER

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO E MULTIVARIADO NO APOIO À
TOMADA DE DECISÃO PARA LOCALIZAÇÃO DE POLO PARA ENSINO A
DISTÂNCIA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestra em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Mendes Marques

CURITIBA
2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

G286a Gayer, Jéssika Alvares Coppi Arruda
Aplicação dos métodos multicritério e multivariado no apoio à
tomada de decisão para localização de polo para ensino a distância
[recurso eletrônico] / Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer –
Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Mendes Marques

1. Processo decisório por critério múltiplo. 2. Ensino a distância.
I. Universidade Federal do Paraná. II. Marques, Marcos Augusto
Mendes. III. Título.

CDD: 374.4

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO - 40001016070P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **JÉSSIKA ALVARES COPPI ARRUDA GAYER** intitulada: **APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO E MULTIVARIADO NO APOIO À TOMADA DE DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO PARA POLO DE ENSINO A DISTÂNCIA**, sob orientação do Prof. Dr. MARCOS AUGUSTO MENDES MARQUES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 20 de Agosto de 2021.

Assinatura Eletrônica
20/08/2021 21:13:45.0
MARCOS AUGUSTO MENDES MARQUES
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
23/08/2021 07:59:01.0
EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES
Avaliador Externo (LABORATOIRE D'ANALYSE ET D'ARCHITECTURE
DES SYSTEMES)

Assinatura Eletrônica
20/08/2021 17:44:30.0
MARIANA KLEINA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
20/08/2021 19:59:39.0
ROBSON SELEME
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Av. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, 3º Andar, Prédio da Administração, Setor Tecnologia - Campus Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 81530-000 - Tel: (41) 3361-3035 - E-mail: ppgep@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 108008

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 108008**

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por ser meu sustento e permitir que chegasse até aqui. Sua misericórdia é tão presente em minha vida, pois tudo o que tenho mostra o tamanho de Seu amor por mim, junto à minha mãe, Nossa Senhora das Graças.

À minha amada família: meu esposo incrível que não mediu ou mede esforços para me ajudar e ser meu porto seguro, minha gratidão eterna por tudo; ao meu filho Miguel que renova minhas forças todos os dias com seu carinho e amor. Você, meu filho, não sabe o quanto é a minha fortaleza. Aos demais filhos, os que Deus levou e os que ainda virão, que vocês possam se orgulhar deste trabalho.

À minha mãe, minha avó materna Maria e meu padrasto, das muitas vezes ficaram com o Miguel para que eu pudesse estudar ou simplesmente me apoiaram com o olhar e palavras de incentivo; ao meu amado pai, mesmo que você não tenha entendimento do tamanho desta conquista, quero dizer que ela também é sua e por tudo o que significa para mim, tenho tanto orgulho de você; aos meus sogros, cunhados, sobrinhos e afilhados, meu coração é gratidão por ter vocês, em especial ao meu cunhado Thiago, meu irmão mais novo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos, por ser um grande professor que, além de possuir um amplo conhecimento, é uma pessoa humana, compreensível e de grandes valores. À banca e ao PPGEP por permitir que esta conquista se realizasse e por todo auxílio dado.

À Prof^a Dayse que me ajudou desde quando manifestei a vontade de fazer mestrado, me deu dicas e participou de cada etapa. Às minhas amigas Camila, Grasi, Thay, Rose, Elo, Gi, Pat, Lizi e Lainy (não necessariamente nesta ordem) e aos grandes amigos que fiz no PPGEP, Fer e Thiago, o caminho até aqui não teria a leveza sem as conversas, os desabafos e a parceria. Aos meus amigos do trabalho que sempre me encorajaram, principalmente a Carla, Everton, Felipe, Kellen, Priscila e Val, e ao aluno Ricardo.

Não há palavras que possam expressar a minha gratidão por tudo que fizeram por mim, mas posso fazer uma oração pedindo muitas bênçãos para todos vocês. Minha eterna gratidão.

“De fato, a verdade nunca pode estar limitada a um tempo, nem a uma cultura; é conhecida na história, mas supera a própria história.”

João Paulo II, 1998.

“Não há lugar para a sabedoria onde não há paciência.”

Santo Agostinho

RESUMO

No Brasil, desde 2017, nota-se um grande avanço na implementação de polos para o ensino a distância, fato esse atribuído a flexibilidade da legislação brasileira que permitiu expansão dessas unidades para as instituições de ensino superior. De acordo com a Portaria nº 11/2017, houve a autorização das Instituições de Ensino Superior (IES), para que pudessem instalar polos de apoio ao Ensino a Distância (EaD), conforme o Conceito Institucional (CI), variando entre 250 unidades para a instituição que possui nota 5 e 50 polos para a instituição que possui nota 3. Nesse âmbito, notou-se a dificuldade para alocar o número de polos permitidos. Desta forma, instigou-se em entender em quais critérios e métodos podem ser usados para abertura de polo de educação a distância. A partir desta questão, compreendeu-se que, ao encontrar os métodos e critérios, deveria aplicá-los para assim, obter êxito da resolução da problemática. Então, estruturou-se os procedimentos metodológicos, conforme a metodologia aplicada, para isso decidiu-se investigar e escolher qual método multicritério se aplica à situação; levantar os critérios para abertura de polo por meio da revisão sistemática da literatura; limitar a população para oferecer as alternativas; pesquisar sobre qual método multivariado poderia ser utilizado para que a decisão seja mais assertiva; por fim, e como resultado do estudo, desenvolver uma aplicação *web* consolidando as informações e os métodos AHP e Análise de Agrupamento. Acredita-se que esta aplicação possa auxiliar as instituições, de um modo geral, na tomada de decisão de localização de polos, bem como na expansão de suas unidades, para que assim possam levar a democratização do ensino superior em áreas remotas ou até mesmo dentro de grandes centros urbanos.

Palavras-chave: método multicritério; apoio a localização; ensino a distância; AHP; análise de agrupamento.

ABSTRACT

In Brazil, since 2017, there has been a great advance in the implementation of centers for distance learning, a fact attributed to the flexibility of Brazilian legislation that allowed the expansion of these units to higher education institutions. According to Ordinance No. 11/2017, Higher Education Institutions (IES) were authorized to install distance learning (EaD) support centers, according to the Institutional Concept (CI), ranging from 250 units to the institution that has grade 5 and 50 centers for the institution that has grade 3. In this context, the difficulty in allocating the number of allowed centers was noted. Thus, it was encouraged to understand which criteria and methods can be used to open a distance education center. From this question, it was understood that, when finding the methods and criteria, they should apply them in order to obtain an exodus from the resolution of the problem. Then, the methodological procedures were structured, according to the applied methodology, for this it was decided to investigate and choose which multicriteria method applies to the situation; raise the criteria for opening a pole through a systematic review of the literature; limit the population to offer the alternatives; researching which multivariate method could be used to make the decision more assertive; finally, and as a result of the study, develop a web application consolidating the information and the AHP and Cluster Analysis methods. It is believed that this application can help institutions, in general, in decision-making on the location of centers, as well as in the expansion of their units, so that they can lead to the democratization of higher education in remote areas or even within of large urban centers.

Keywords: multicriteria method; localization support; distance learning; AHP; cluster analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – NÚMERO DE INGRESSOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO POR CATEGORIA ADMINISTRATIVA | 20 |
| FIGURA 2 – NÚMERO DE INGRESSOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO POR MODALIDADE DE ENSINO | 20 |
| FIGURA 3 – EXEMPLO DE MATRIZ DE DECISÃO | 27 |
| FIGURA 4 – TIPOS DE PROBLEMÁTICAS..... | 27 |
| FIGURA 5 – EXPLEMPLIFICAÇÃO DE TRÊS PROBLEMÁTICAS | 28 |
| FIGURA 6 – ESTRUTURA DO AHP | 32 |
| FIGURA 7 – FLUXOGRAMA GERAL DO AHP | 40 |
| FIGURA 8 – MATRIZ DE DADOS..... | 42 |
| FIGURA 9 – MATRIZ SIMÉTRICA DE DISTÂNCIAS D | 45 |
| FIGURA 10 – DENDOGRAMA..... | 46 |
| FIGURA 11 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO K-MEANS..... | 48 |
| FIGURA 12 – ESTRUTURA RESUMIDA DA CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA | 57 |
| FIGURA 13 – ETAPAS METODOLÓGICAS DA PESQUISA DE LEVANTAMENTO | 57 |
| FIGURA 14 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO | 59 |
| FIGURA 15 – FASES DA RSL | 60 |
| FIGURA 16 – EXEMPLO DA PRIMEIRA BUSCA DOS ARTIGOS | 63 |
| FIGURA 17 – ESTRUTURA BÁSICA DA APLICAÇÃO WEB | 72 |
| FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DOS CLUSTERS | 75 |
| FIGURA 19 – APLICAÇÃO DO PROBLEMA NA ESTRUTURA DO AHP | 80 |
| FIGURA 20 – ESTRUTURA DA APLICAÇÃO NO <i>GITHUB</i> | 81 |
| FIGURA 21 – PÁGINA INICIAL DA APLICAÇÃO COM OS CRITÉRIOS..... | 81 |
| FIGURA 22 - IMAGEM DO JULGAMENTO AOS PARES DOS CRITÉRIOS..... | 82 |
| FIGURA 23 - IMAGEM DO RANQUEAMENTO DOS CRITÉRIOS | 82 |
| FIGURA 24 - SELEÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS | 83 |
| FIGURA 25 – PÁGINA COM A SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS..... | 84 |
| FIGURA 26 - ETAPA PAR A PAR DOS SUBCRITÉRIOS E ALTERNATIVAS | 85 |
| FIGURA 27 - RANQUEAMENTO FINAL DAS ALTERATIVAS | 86 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 – PROBLEMÁTICA E MCDM | 30 |
| QUADRO 2 – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA (IR)..... | 39 |
| QUADRO 3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO DELPHI | 52 |
| QUADRO 4 – CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH | 54 |
| QUADRO 5 – STRING DE BUSCA..... | 61 |
| QUADRO 6 – QUANTIDADE DE ARTIGOS POR STRING DE BUSCA..... | 63 |
| QUADRO 7 – ARTIGOS EXCLUÍDOS – FASE FINAL..... | 64 |
| QUADRO 8 – ARTIGOS SELECIONADOS – FASE FINAL | 65 |
| QUADRO 9 – CRITÉRIOS E DIMENSÕES LEVANTADOS DA RSL | 67 |
| QUADRO 10 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS COM A UNIDADE..... | 68 |
| QUADRO 11 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPECIALISTAS..... | 70 |
| QUADRO 12 – NOMENCLATURA DAS VARIÁVEIS..... | 74 |
| QUADRO 13 – QUANTIDADE DE BAIRRO POR CLUSTER | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 – ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DE SAATY | 36 |
| TABELA 2 – % DE CONSENSO ENTRE OS ENTREVISTADOS..... | 76 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE POLOS NO BRASIL POR ANO E UNIDADE FEDERATIVA DA IES | 18 |
| GRÁFICO 2 - AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO | 87 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------|---|
| AHP | - <i>Analytic Hierarchy Process</i> |
| AMD | - Apoio Multicritério à Decisão |
| EaD | - Ensino a Distância |
| IBGE | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IES | - Instituição de Ensino Superior |
| Inep | - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira |
| IPPUC | - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba |
| MCDM | - <i>Mutiple Criteria Decision Make</i> (Métodos Multicritério de Tomada de Decisão) |
| MEC | - Ministério da Educação |
| PAP | - Polo de Apoio Presencial |
| PROMETHEE | - <i>Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation</i> |
| RSL | - Revisão Sistemática da Literatura |
| SIG | - Sistema de Informação Geográfica |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------|---------------------------------|
| $P\alpha$ | - Problemática de escolha |
| $P\beta$ | - Problemática de classificação |
| $P\gamma$ | - Problemática de ordenação |
| $P\delta$ | - Problemática de descrição |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 | CONTEXTO E PROBLEMA | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 19 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 19 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 19 |
| 1.4 | DELIMITAÇÃO DO TRABALHO..... | 21 |
| 1.5 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 21 |
| 2 | REVISÃO TEÓRICA..... | 22 |
| 2.1 | ENSINO A DISTÂNCIA | 22 |
| 2.1.1 | POLO DE APOIO PRESENCIAL – PAP..... | 23 |
| 2.2 | APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO | 24 |
| 2.2.1 | PROCESSOS DECISÓRIOS | 25 |
| 2.2.2 | MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO | 29 |
| 2.2.2.1 | Método: <i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS – AHP</i> | 30 |
| 2.2.2.1.1 | Etapas de aplicação do AHP | 31 |
| 2.3 | ANÁLISE MULTIVARIADA | 41 |
| 2.3.1 | Análise de agrupamentos (<i>Cluster analysis</i>) | 42 |
| 2.3.1.1 | Medidas de similaridade e dissimilaridade. | 43 |
| 2.3.1.2 | Métodos de agrupamentos hierárquicos..... | 44 |
| 2.3.1.3 | Métodos de agrupamentos não – hierárquicos..... | 47 |
| 2.3.1.3.1 | Método <i>K-means</i> | 47 |
| 2.3.1.4 | Método Silhueta..... | 48 |
| 2.4 | MÉTODO DELPHI OU TÉCNICA DELFOS..... | 49 |
| 2.4.1 | Coeficiente alfa de Cronbach | 54 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 56 |
| 3.1 | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA..... | 56 |
| 3.2 | PROCEDIMENTO METODOLÓGICO..... | 59 |
| 3.3 | REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA..... | 59 |
| 3.3.1 | Planejamento e definição do objetivo | 59 |
| 3.3.2 | Definição do protocolo e condução da RSL..... | 60 |
| 3.4 | DEFINIÇÕES DA PESQUISA | 66 |
| 3.4.1 | Definição dos Critérios e Subcritérios..... | 66 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.4.2 | Definição das Alternativas | 70 |
| 3.5 | ESCOLHA DO MÉTODO | 71 |
| 3.6 | PROPOSTA DA APLICAÇÃO | 72 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 74 |
| 4.1 | AGRUPAMENTO DAS ALTERNATIVAS | 74 |
| 4.2 | VALIDAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS..... | 76 |
| 4.3 | DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO | 77 |
| 4.3.1 | Avaliação da aplicação..... | 86 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 88 |
| 5.1 | SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 89 |
| | REFERÊNCIAS | 90 |
| | APÊNDICE 1 – IMAGENS DO QUESTIONÁRIO – VALIDAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS | 97 |
| | APÊNDICE 2 – TABELA COM OS DADOS DOS BAIROS DE CURITIBA.. | 103 |
| | APÊNDICE 3 – QUADRO DOS BAIROS COM OS <i>CLUSTERS</i> | 105 |
| | APÊNDICE 4 – CÓDIGO DO AGRUPAMENTO NO R | 106 |
| | APÊNDICE 5 – IMAGENS DO QUESTIONÁRIO – VALIDAÇÃO DA APLICAÇÃO | |

1 INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo traz as informações iniciais referentes à pesquisa que abordam os itens: contexto e problema, objetivos, justificativa, limitação do estudo e, como fechamento, a descrição dos próximos capítulos.

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Acredita-se que o primeiro registro de Ensino a Distância (EaD) foi por meio do anúncio das aulas por correspondência realizadas por Caleb Philips, em março de 1728, na Gazette de Boston, EUA (NUNES, 2009). Os relatos da chegada desta modalidade de ensino no Brasil, mostram que pouco antes de 1900 já existiam anúncios de cursos profissionalizantes por correspondência. Entretanto, o marco de referência é a instalação das Escolas Internacionais, em 1904, em que realiza o ensino por correspondência com remessa de materiais pelos correios (ALVES, 2009).

O segundo meio de propagação do EaD foi em 1923, com a fundação da Rádio Sociedade Rio de Janeiro. Nessa época, a instituição apresentava o seu então moderno sistema de difusão, com a missão de possibilitar a educação popular no Brasil (ALVES, 2009).

A televisão foi o terceiro meio de propagação do EaD, os registros mostram a sua maior participação entre as décadas de 60 e 70. Em 1967, o código brasileiro de telecomunicações determinou a transmissão de programas educativos pelas emissoras de radiodifusão e televisão. Nos anos seguintes foram criados programas para a transmissão de programas educativos, como: Sistema Avançado de Tecnologias Educacionais, em 1969, e o Programa Nacional de Teleducação (Prontel), em 1972. No início da década de 90, as emissoras deixaram de ser obrigadas em transmitir programas educacionais (ALVES, 2009).

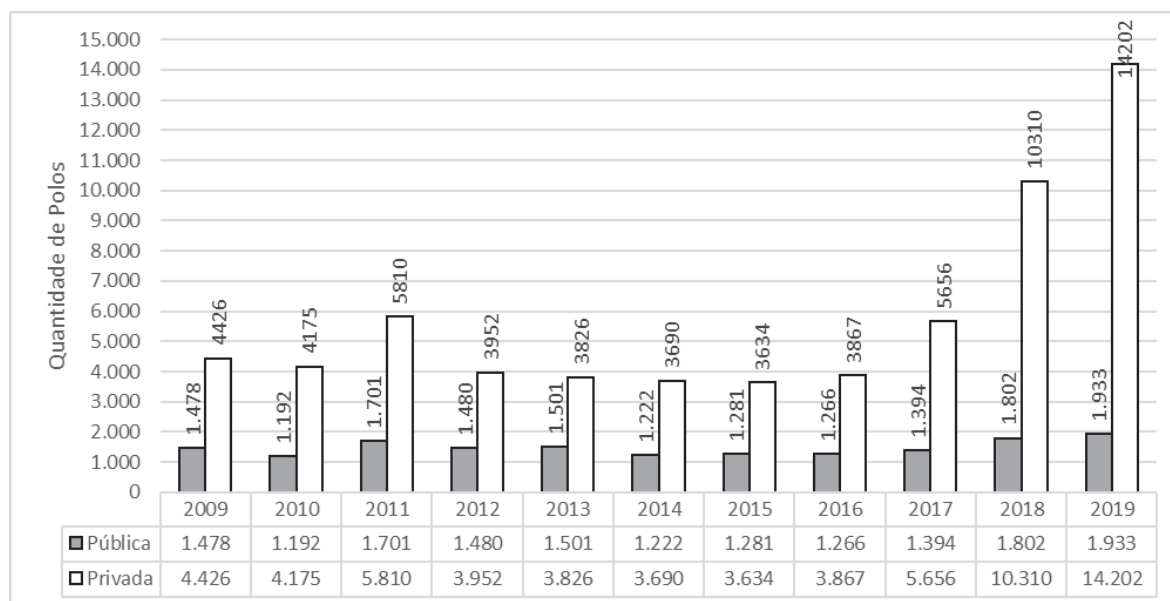
Com o passar dos anos, as emissoras deixaram de passar os programas educativos nos horários em que havia transmissão, pois eram incompatíveis com a disponibilidade dos alunos. Um adendo para a época foi a iniciativa da fundação Roberto Marinho que criou programas de sucesso, como os telecursos (ALVES, 2009).

O quarto meio de propagação do EaD foi em função da chegada dos computadores. Em 1970, instalaram-se as primeiras máquinas no Brasil, porém com

valores não acessíveis à população. Com o desenvolvimento da tecnologia, os preços passaram a ser mais atrativos e a demanda de computadores pessoais cresceu, desta forma com o auxílio da Internet, foi possível propagar o EaD para todo sistema brasileiro e mundial (ALVES, 2009). Em 1999 houve a oficialização do credenciamento pelo MEC das Instituições de Ensino Superior (IES), para que pudessem trabalhar com o EaD (DA SILVA e GONÇALVES, 2019).

Segundo a Sinopse da Educação Superior, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), para a rede particular de ensino, em 2009 encontravam-se cadastrados 4.426 polos de apoio ao EaD. Já no ano de 2018 eram 10.310 polos. Comparado os anos 2018 e 2019, nota-se um aumento de 27,4%, ou seja, em 2019 contava-se com 14.202 unidades. Já analisando os últimos 10 anos, entre 2009 e 2019, encontra-se um aumento de 68,8%, representado pelo GRÁFICO 1 (INEP, 2020a).

GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE POLOS NO BRASIL POR ANO E UNIDADE FEDERATIVA DA IES



FONTE: A autora (2021) baseado nos dados do Inep (2020a).

Inclusive, comparando 2017 com 2018, o aumento foi de 45,1% (INEP, 2020b). Isso se justifica devido ao decreto nº 9.057/2017, no qual o Ministério da Educação (MEC) retirou a obrigatoriedade da oferta de cursos presenciais para que a IES pudesse ofertar a modalidade a distância. Assim, foi instituída a Portaria nº 11/2017 que autoriza a IES criar polos EaD, respeitando o número máximo estabelecido, conforme o Conceito Institucional – CI. Para uma IES com o CI 5, o

quantitativo anual é de, no máximo, 250 polos. Já para um CI 3, o número máximo é de 50 polos (BRASIL, 2017).

A partir do quantitativo anual para aberturas de polo, estipulado pelo MEC, as IES, encontram dificuldade para alocar os polos permitidos, conforme a portaria e assim, continuar à frente do mercado competitivo. Com o intuito de encontrar um método capaz de auxiliar na localização de abertura dessas unidades, elaborou-se as perguntas da pesquisa, sendo: quais os critérios pertinentes para abertura de polo EaD e como aplicar os métodos, multicritério e multivariado, no apoio à decisão para determinação de localização de polo para educação a distância?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar os métodos multicritério e multivariado no apoio à tomada de decisão para determinação de localização de polo para ensino a distância.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar e selecionar o(s) método(s) multicritério(s) aplicado(s) no apoio à tomada de decisão para localização de negócios;
- Pesquisar e selecionar critérios de decisão de localização para polos de ensino a distância;
- Pesquisar e escolher método multivariado para ser usado no apoio à decisão;
- Desenvolver uma aplicação *web* utilizando os métodos análise hierárquica e análise de agrupamento, para auxiliar a decisão de localização de polo para ensino a distância.

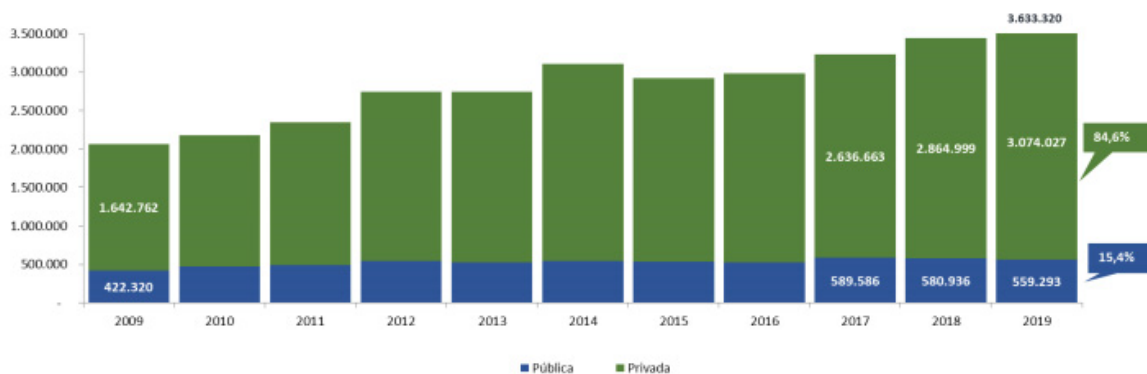
1.3 JUSTIFICATIVA

O último Censo da Educação Superior, realizado pelo INEP, em 2019, aproximadamente 3,6 milhões de alunos ingressaram em cursos de educação superior de graduação e a partir deste total, 84,6% em IES da categoria privada (INEP, 2020b). Avaliando os anos 2009 a 2019, a categoria privada cresceu 87,1%, já a

pública, no mesmo período aumentou 32,4% (FIGURA 1) (INEP, 2020b). Em 2019, comparado com 2018, observou-se um aumento de 5,4% no número de ingressos.

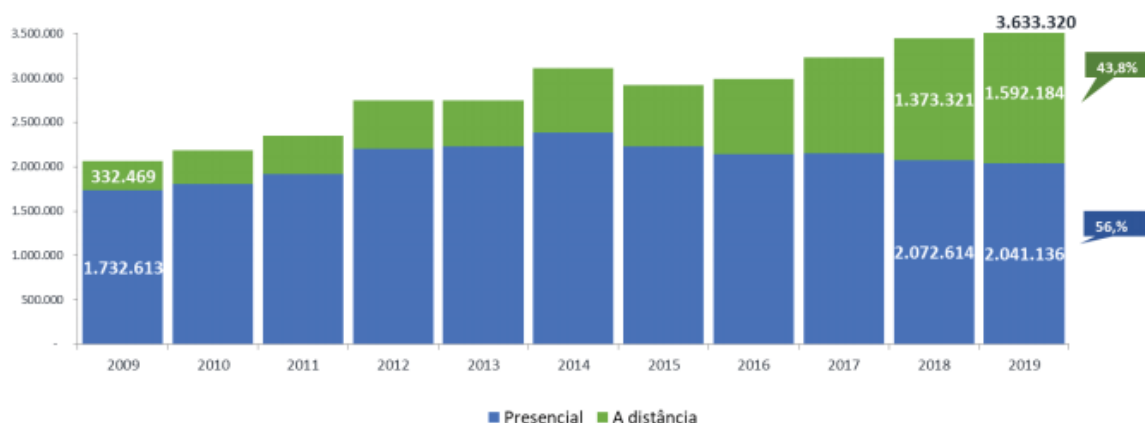
Para categoria modalidade de ensino, entre os anos de 2018 e 2019, houve um aumento no número de ingressantes na modalidade EaD que representou uma variação positiva de 15,9% (FIGURA 2), enquanto a modalidade presencial teve uma queda de 1,5% (INEP, 2020b).

FIGURA 1 – NÚMERO DE INGRESSOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO POR CATEGORIA ADMINISTRATIVA



FONTE: INEP, 2020b.

FIGURA 2 – NÚMERO DE INGRESSOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO POR MODALIDADE DE ENSINO



FONTE: INEP, 2020b.

Entre os anos 2009 e 2019, o número de ingressos aumentou em 17,8% na modalidade presencial, sendo que na modalidade a distância o aumento foi de 378,9% (INEP, 2020b).

Os dados apresentados demonstram uma forte tendência de expansão do ensino a distância, para isso é necessário pensar em estratégias que possam atender a alta demanda de possíveis alunos.

Um ponto de extrema importância para que exista uma boa gestão, independentemente do setor que se enquadra a organização, é a análise espacial de localização de instalações, pois é esta que traz a maximização do serviço prestado como vantagem social (DASKIN, 2011). Com a escolha incorreta do local criam-se empecilhos de produtividade ou serviço. Então, faz-se necessário identificar as oportunidades para instalações de polo de EaD (RANDHAWA e WEST, 1995).

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O objetivo geral da pesquisa é aplicar os métodos multicritério e multivariado no apoio à tomada de decisão de localização. Para tanto limitou-se a população para iniciar a utilização da aplicação e assim, testar em um número menor para depois ampliar as alternativas. Então, o local escolhido foi a cidade de Curitiba, com seus 75 bairros, devido à facilidade dos pesquisadores em conseguir as informações. Entende-se que a aplicação desenvolvida atende ao propósito da pesquisa, além de ser facilmente utilizável e intuitiva, entretanto deve ser usada por quem tem conhecimento tácito na área.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida entre a introdução, revisão teórica-empírica, metodologia, resultados e discussões, e considerações finais. Na introdução encontra-se a contextualização do tema junto ao problema da pesquisa, seguido da justificativa, bem como a delimitação do trabalho. No segundo capítulo apresenta-se a fundamentação teórica com os principais temas relacionados a pesquisa.

No terceiro capítulo encontra-se a metodologia da pesquisa, com os subcapítulos: classificação da pesquisa, procedimentos metodológicos, definição dos critérios e alternativas, escolha do método e proposta do programa. No quarto capítulo encontra-se a descrição dos resultados obtidos e como foram alcançados. Como finalização, encontram-se, no quinto capítulo, as considerações finais e sugestões para próximos trabalhos.

2 REVISÃO TEÓRICA

Com entendimento de que é necessário conhecer os principais temas abordados na pesquisa, apresenta-se neste capítulo, no qual é abordado a fundamentação teórica, as seções: o ensino a distância e métodos multicritério de tomada de decisão (MCDM).

Na seção 2.1 introduz-se fundamentos do ensino a distância, seguindo da relevância do PAP (Polo de Apoio Presencial). Seguindo, apresenta-se a seção 2.2, com a conceitualização de assuntos relacionados à Apoio Multicritério à Decisão, subdivido em Processos Decisórios e Métodos Multicritério de Tomada de Decisão, esse último traz o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Por fim, aborda-se a fundamentação sobre método multivariado, com foco em análise de agrupamento (*cluster analysis*), métodos *K-Means* e Coeficiente de Silhueta, fechando com método Delphi e coeficiente alfa de Cronbach.

2.1 ENSINO A DISTÂNCIA

Caracteriza-se a educação a distância como o ensino-aprendizagem no qual aluno e professor não estão próximos fisicamente, entretanto, nesse processo, existe algum meio tecnológico que realiza a união entre eles. Atualmente, as tecnologias frequentemente utilizadas são o computador, a internet e os dispositivos móveis (celulares, *tablets* etc.), porém tecnologias como televisão, vídeo e demais, ainda são utilizadas, mesmo perante o avanço tecnológico em que todos os dias se criam de novas interfaces (PAULA, 2014).

Ainda nesse sentido, educação a distância exterioriza a própria essência do conceito, que é dar acesso à educação, por meio das tecnologias e processos desenvolvidos especificamente para essa prática, a locais remotos que são carentes de recursos educacionais e de apoio às necessidades dos alunos e no mercado (PAULA, 2014). Segundo Castanheira (2008, p. 36):

A educação a distância permite que o país possa formar tecnólogos onde jamais se conseguiria chegar com o ensino na modalidade presencial, por vários fatores dos quais se podem destacar as

localidades de baixa densidade demográfica que não despertam interesse nem das entidades privadas nem do governo em construir uma faculdade para esse fim. É, portanto, o que se pode denominar de democratização da educação.

No Brasil, o EaD é definido no Decreto nº 5.622, de 10 de dezembro de 2005 como:

[...] uma modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos.

No Brasil, o EaD surgiu como um sistema que atende às novas demandas sociais, colaborando no desenvolvimento de cidadãos para que possam suprir e corresponder as necessidades de prospecção do país. Desta forma, essa modalidade não é algo provisório ou para complementar o ensino regular (MARTINS, 2005 *apud* PAULA, 2014).

Inicialmente, quando os cursos eram enviados pelos correios e sem apoio tecnológico, criou-se uma cultura de que essa modalidade é sem qualidade ou tampouco estruturada. Essa visão, ainda que pequena, persiste, tendo em vista que muitos alunos a buscam, mas ao longo do curso se deparam com a exigente necessidade de desenvolver características como dedicação e empenho, pois a falta de um professor presencial faz com que a aprendizagem ocorra por meio de leitura, reflexões e afins (PAULA, 2014).

2.1.1 POLO DE APOIO PRESENCIAL – PAP

A propagação do EaD se dá por conta da democratização do acesso ao conhecimento, na necessidade em corresponder a demanda exigida pelo mercado e o cenário social existente. Para isso, houve a criação e implementação de políticas de acesso e permanência ao ensino superior (DA SILVA e GONÇALVES, 2019).

No Brasil, a prática do EaD é fundamentada na necessidade em se realizar as atividades e avaliações presenciais, por isso os Polos de Apoio

Presencial (PAPs) apresentam um papel privilegiado nesta modalidade. Com a legislação aprovada em 2017, na qual retira a obrigatoriedade da IES de ter curso presencial para ofertar a modalidade a distância, houve um aumento na facilidade e flexibilidade para a instalação destes PAPs (GAIO et al., 2018).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Educação nº1 de 11 de março de 2016, no qual estabelece diretrizes e normas nacionais para a oferta de programas e cursos de educação superior EaD, o PAP é definido em seu Art 5º como (BRASIL, 2016):

[...] a unidade acadêmica e operacional descentralizada, instalada no território nacional ou no exterior para efetivar apoio político-pedagógico, tecnológico e administrativo às atividades educativas dos cursos e programas ofertados a distância, sendo responsabilidade da IES credenciada para EaD, constituindo-se, desse modo, em prolongamento orgânico e funcional da Instituição no âmbito local.

Nos pequenos municípios, a oferta dos cursos e o ingresso no ensino superior contribuem para a propagação e interiorização de possibilidades de estudo e qualificação, isto é possível por meio da implantação dos PAPs (BRASIL 2010).

Portanto, a instalação e progressão dos PAPs proporcionam à população local a oportunidade de acesso ao ensino superior e, assim, a sua qualificação profissional (DIANA, 2015). Conseqüentemente, os resultados sociais são positivos, como uma melhora nos índices de desenvolvimento (BRASIL 2010).

2.2 APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) tem uma abordagem diferenciada, pois não apresenta uma única decisão para o problema, mostrando uma única solução ótima, ou seja, visa apoiar a tomada de decisão, recomendando ações ou cursos de ações para o tomador de decisão, desta forma ocorre a seleção da possível melhor opção (GOMES e GOMES, 2014; BRIOZO e MUSETTI, 2015).

Como diferencial são considerados diversos pontos e ações - formadas por um agrupamento de critérios, em que deriva de uma função matemática, na

qual serve para mensurar o desempenho de cada ação (ENSSLIN; NETO e NORONHA, 2001). Então, por meio de seus métodos, o AMD é o intermédio pelo qual a ligação entre a qualidade da informação e a excelência do apoio para a tomada de decisão pode ser concretizada (GOMES e GOMES, 2014).

2.2.1 PROCESSOS DECISÓRIOS

Sabe-se que a teoria da decisão tem por objetivo auxiliar as pessoas a tomarem as melhores decisões, isso a partir dos critérios estabelecidos. A teoria da decisão supõe que as pessoas são capazes de evidenciar suas preferências simples, bem como capacidade cognitiva para tomarem decisões simples. Partindo deste pressuposto e de que o ser humano tem uma capacidade racional limitada, a metodologia que envolve a teoria da decisão é baseada na resolução de problemas de decisão complexos (GOMES e GOMES, 2014).

Segundo Campos (2012), para que a modelagem do processo de tomada de decisão tenha ascensão, precisa-se conhecer todos os componentes do processo de decisão, então os intervenientes são: atores, agentes de decisão e o analista, e somados a estes têm-se os componentes definidos como: as alternativas, critérios e tipo de problemática.

Os atores têm interesse na decisão a ser tomada, ou seja, serão responsáveis (direta ou indiretamente) pela decisão tomada. Já os agentes de decisão, concentram a sua responsabilidade em avaliar as possibilidades do problema, conforme a sua relação de preferência. Por fim, o analista é responsável pelo auxílio no processo decisório, já que apresenta conhecimento específico na área, ou seja, um especialista em metodologia de multicritério.

Desta forma, como atribuição, o analista, apresenta a modelagem das escolhas e sistematização do processo. Todos os intervenientes podem ser representados por uma pessoa ou grupo de pessoas, como entidades (CAMPOS, 2012).

Para tanto, tem-se que as alternativas ou ações potenciais são as possíveis opções disponíveis para que o decisor possa fazer a escolha, estas contribuem para esclarecer a melhor opção, além de beneficiar a correlação entre a ascensão do próprio processo, os objetivos e o sistema de valores dos intervenientes (CAMPOS, 2012; ENSSLIN e BORGERT, 1998).

Classificados como parâmetros de comparação entre as alternativas, os critérios representam o propósito a ser atingido dentro do problema de decisão (CAMPOS, 2012). Necessita-se elaborar vários critérios a partir de várias perspectivas, nas quais recebem diferentes julgamentos por meio de vários atores do processo de decisão que atribuem, transformam e esclarecem as suas preferências (ENSSLIN e BORGERT, 1998).

Os critérios podem ser quantitativos ou qualitativos e com atribuições diferenciadas, portanto deve-se compreender como as escalas são caracterizadas. Sua avaliação tem por objetivo graduar um fator e quantificar o critério. Existem quatro tipos de escalas, sendo: nominal – um agrupamento de componentes e não efetua operações aritméticas; ordinal – ordenação dos elementos em uma ordem predefinida; intervalar – representada por uma escala ou transformação linear; razão ou cardinal – sua quantificação se inicia após a atribuição de um ponto de partida ou um ponto zero (CAMPOS, 2012; MADEIRA, 2013).

Ainda dentro da avaliação dos critérios, apresenta-se a matriz de avaliação que consiste na relação entre as alternativas para os n critérios de avaliação. A matriz de avaliação é a representação do problema de multicritério em uma maneira mais estruturada, assim identifica-se de forma simplificada o comportamento das alternativas de acordo com cada critério. Permite também um acompanhamento da aplicação do método (CAMPOS, 2012; MADEIRA, 2013).

Apresenta-se uma matriz de decisão conforme a FIGURA 3, em que a_{ij} representa a avaliação de cada ação a , conforme o grupo de alternativas A_i , para o critério C_j (MACHADO, 2018).

Por conseguinte, deve-se conhecer os tipos de problemáticas existentes, pois a partir desta é possível orientar a escolha do método multicritério tendo em vista a relevância de conhecer a problemática na qual a decisão está adentrada. Caso seja necessário pode-se utilizar mais de uma problemática dentro da abordagem multicritério (CAMPOS, 2012).

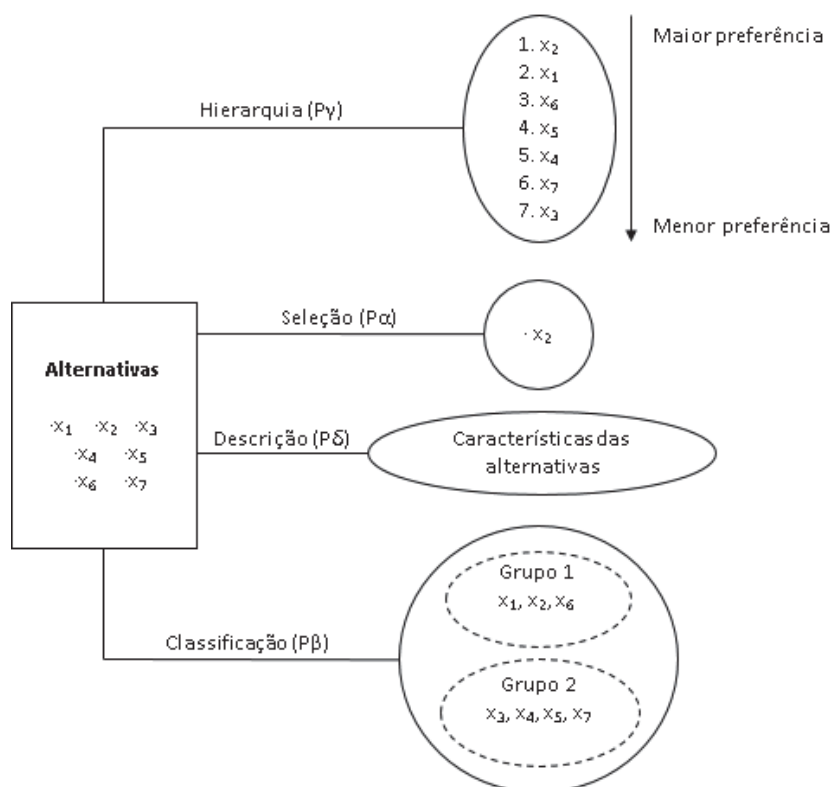
FIGURA 3 – EXEMPLO DE MATRIZ DE DECISÃO

| | C_1 | C_2 | ... | C_n |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| A_1 | a_{11} | a_{12} | ... | a_{1n} |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| A_m | a_{m1} | a_{m2} | a_{mj} | a_{mn} |

FONTE: Adaptado de Machado (2018, p. 30)

A FIGURA 4 representa as quatro problemáticas do apoio à decisão (ROY, 1996; GOMES e GOMES, 2014), descritas como: problemática de seleção ($P\alpha$) – seleciona-se o menor conjunto de alternativas possível, entretanto deve-se deixar as melhores dentro desse conjunto; problemática de classificação ($P\beta$) – o problema de decisão categoriza cada alternativa de acordo com uma classe ou classificação; problemática de hierarquia ($P\gamma$) – ordena-se as alternativas de acordo com as preferências do decisor; problemática de descrição ($P\delta$) – evidencia as preferências do decisor conforme o problema de decisão.

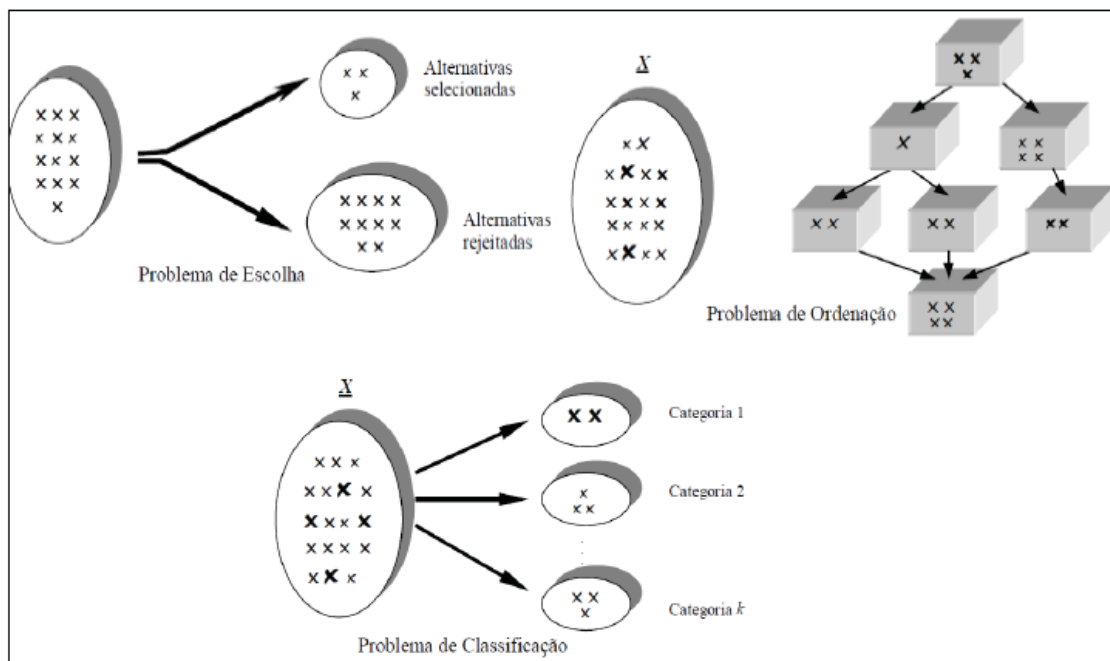
FIGURA 4 – TIPOS DE PROBLEMÁTICAS



FONTE: Machado (2018)

Ferreira et al. (2018, p.8), explicam como funciona três problemáticas: Seleção, Ordenação e Classificação, conforme FIGURA 5.

FIGURA 5 – EXPLEMPLIFICAÇÃO DE TRÊS PROBLEMÁTICAS



FONTE: Adaptação de Freitas e Costa, 1998 (*apud* FERRERIA, et al. 2018, p.8).

Além disso, Ferreria, et al. (2018, p.8), mencionam:

Os problemas do tipo de seleção podem assim ser descritos: selecionam-se o (s) melhor (res) elemento (os) do meio; o de ordenação: ordenam-se as alternativas da melhor para a pior; e por fim o de classificação: classificam-se os elementos, ou seja, coloca-os em categorias.

Então, deve-se estruturar o problema seguindo as etapas (SILVA e BELDERRAIN, 2005):

- Definir as alternativas;
- Definir os critérios relevantes;
- Considerar cada alternativa em relação aos critérios;
- Considerar a importância de cada critério;
- Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Ressalta-se que é necessário focar na resolução do problema, em que os decisores possam determinar a estrutura, hierarquização e objetivos (MADEIRA, 2013).

2.2.2 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO

Com o aumento no interesse das organizações voltado para análise de decisões, as instituições criaram grupos com especialistas das áreas correlacionadas com o intuito de apoiar à tomada de decisão. Os primeiros métodos voltados para a tomada de decisão surgiram na década de 60 com o apoio da probabilidade. Já na década de 70, apresentaram-se os primeiros métodos com abordagem diferenciada de problemas discretos atuando no auxílio da tomada de decisão no ambiente multicritério ou multiobjetivo, ou seja, características bem definidas perante a sua metodologia (GOMES e GOMES, 2014).

Nas últimas décadas, o complicado processo decisório favoreceu o surgimento de novos métodos de localização de instalação mais assertivos, isto devido ao aumento no volume de informações e na necessidade de utilizá-las (BRIOZO e MUSETTI, 2015). Segundo Gomes e Gomes (2014, p. 69), tem-se que:

Os métodos multicritério têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços. O espaço das variáveis de decisão, em particular, consiste no conjunto de decisões factíveis e não factíveis para dado problema.

Os métodos de multicritério de tomada de decisão, em inglês *Multicriteria Decision Making*, (MCDM) são utilizados no estudo de alternativas e critérios, a partir de um cenário no qual a decisão apresenta múltiplos critérios e tem, no mínimo, dois objetivos que não podem ser combinados (MACHADO, 2018).

São descritas seis características que envolvem os problemas de multicritério, sendo: objetivo; decisor; conjunto de critérios de decisão; conjunto de alternativas; conjunto de estados da natureza; e consequência das decisões (MALCZEWSKI, 1999 *apud* GOMES e GOMES, 2014, p.69).

Existes vários métodos que aplicados às problemáticas auxiliam na tomada de decisão. Ishizaka e Nemery (2013, adaptado, p. 4) sugerem os seguintes métodos (QUADRO 1):

QUADRO 1 – PROBLEMÁTICA E MCDM

| Problemática de escolha | Problemática de ordenação | Problemática de classificação | Problemática de descrição |
|---|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| AHP | AHP | AHP Sort | |
| ANP | ANP | | |
| MAUT/UTA | MAUT/UTA | UTADIS | |
| MACBETH | MACBETH | | |
| PROMETHEE | PROMETHEE | Flowsort | GAIA. FS – Gaia |
| ELECTRE I | ELECTRE III | ELECTRE – Tri | |
| TOPSIS | TOPSIS | | |
| <i>Goal Programming</i> | | | |
| DEA | DEA | | |
| FITradeoff | FITradeoff | FITradeoff | |
| Plataforma que suporta vários métodos multicritério | | | |

FONTE: Adaptado de Ishizaka e Nemery (2013, p. 4)

Os MCDM foram desenvolvidos como uma metodologia auxiliar e o seu foco está em ser notado como uma ferramenta matemática efetiva, na aplicação de problemas que contenham critérios conflitantes (BRIOZO e MUNETTI, 2015).

2.2.2.1 Método: *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS – AHP*

O AHP, criado por criado pelo professor Thomas L. Saaty na metade da década de 70 (GOMES e GOMES, 2014), consiste em desdobrar o problema em hierarquias, a fim de obter uma melhor modelagem quanto às preferências do responsável pela decisão (ALMEIDA, 2013), ou seja, é um método utilizado quando o responsável pela decisão atribui o seu conhecimento para avaliar os critérios perante uma determinada situação (LEITE e FREITAS, 2012).

Conforme mencionado por Schmidt (1995), o AHP pode ser usado para estruturar hierarquicamente um problema complexo, composto por múltiplos critérios, decisores e períodos. Além disso, utiliza tanto a lógica quanto a intuição e é tão flexível que é possível inserir fatores qualitativos e/ou quantitativos, podendo ser tateis ou intateis, bem como de fácil aplicação.

Para tanto, segundo Ishizaka e Nemery (2013), este método é útil quando o decisor é incapaz de elaborar a função de utilidade. Além disso, foi idealizado para lidar com o racional e intuitivo.

Basicamente o método funciona da seguinte maneira (VARGAS, 2010):

- Construção de hierarquias – estruturar o problema/meta em níveis hierárquicos agrupando, de modo independente, com o conjunto entre as afinidades;
- Definição das prioridades – deve-se determinar as prioridades por meio da comparação par a par dos critérios;
- Consistência lógica – verificar a relação interna entre alguns critérios, observando quanto às definições das prioridades, pois se deve garantir a estrutura nos julgamentos realizados (VARGAS, 2010).

2.2.2.1.1 Etapas de aplicação do AHP

Para Schmidt (1995), para não se tomar decisões erradas ou incoerentes é necessário tomar cuidado quanto às definições adotadas em torno da estrutura decisória, por isso é imprescindível o amplo domínio quanto ao ato de decidir. Portanto, o modelo formal de estruturação visa construir uma representação organizada dos elementos, pois contribui-se para uma tomada de decisão segura, já que os decisores recebem a informação clara e em uma linguagem comum.

Conforme explicado por Saaty (2001), o AHP possui sete pilares, sendo: (a) escalas de razão e proporcionalidade; (b) comparações aos pares; (c) sensibilidade do autovetor direito principal - obtenção do autovetor ou vetor de prioridade; (d) homogeneidade e *clusterização*; (e) síntese que pode ser estendida para dependência e *feedback*; (f) preservação e reversibilidade de ordem; e (g) decisões em grupo.

Sintetizando, os 7 pilares do AHP são explicados e estão intrinsecamente aplicados no passo a passo da execução do método, apresentando-se a seguir:

a) Fase de estruturação

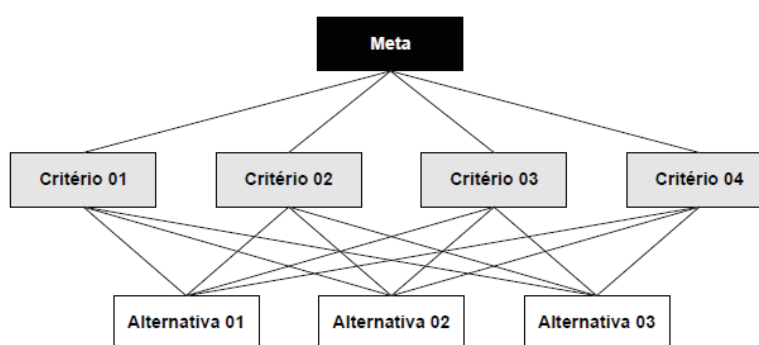
Para Schmidt (1995, p. 33) “uma hierarquia é uma estrutura simples, usada para representar simplesmente o tipo de dependência de um nível ou componente de um sistema com outro de maneira sequencial.”.

Inicialmente, definem-se quais são os decisores, esse pode ser uma pessoa ou várias delas, ou entidade. Depois, o analista – responsável pelo processo de avaliação – e o cenário, esse último pode ser classificado como exploratório e antecipatório (SCHMIDT, 1995), em que Saaty (1990) define, o primeiro diz respeito ao presente como início, utilizando a discussão sobre o assunto para precaução relacionados aos assuntos específicos; já o segundo, antecipa o futuro, no qual visualiza-se algum ponto do que está por vir e verifica-se quais ações são pertinentes para alcançar o objetivo.

Por fim, estipulam-se os objetivos ao decisor, levanta-se quais são as alternativas e quais são os critérios pertinentes, para, então, estruturar a hierarquia (SCHMIDT, 1995).

Basicamente, o problema pode ser estruturado em uma hierarquia com três níveis: o primeiro indica o objetivo da decisão, sendo que no segundo tem-se os critérios que avaliarão as alternativas contidas no terceiro nível (ISHIZAKA e NEMERY, 2013). O AHP seleciona uma alternativa baseado nos diferentes critérios de avaliação apresentados no problema, conforme FIGURA 6, em (VARGAS, 2010):

FIGURA 6 – ESTRUTURA DO AHP



FONTE: Vargas (2010).

Conforme a complexidade da hierarquia adicionam-se mais níveis, denominados subcritérios (ISHIZAKA e NEMERY, 2013).

Por mais que não exista um número máximo de alternativas ou quantidade de critérios, deve atentar-se para o fator psicológico (GOMES, 2009), além disso, o processo cognitivo do ser humano pode julgar as escolhas até o valor máximo de 7 – variando em mais ou menos 2 (MILLER, 1956 *apud* SAATY, 1990).

b) Fase de avaliação

O método utiliza dois tipos de avaliação: absoluta – que consiste em avaliar uma única ação definindo “aceitar” ou “rejeitar”; e a relativa – em que se tem ao menos um par de ações com intuito de “ordenar” ou “escolher” (SCHMIDT, 1995). Ainda segundo Schmidt (1995, p. 38):

O AHP tem sido usado com escalas de medidas relativas e absolutas para derivar relação de escalas de medidas. Medidas absolutas podem, em termos, ser aplicadas para ordenar alternativas, para a definição de critérios ou de outro modo, para avaliar os critérios.

Desta forma, os tipos de medidas são utilizados para determinar a prioridade dos critérios. O primeiro, a medida absoluta, as comparações pareadas são iguais, porém não há consideração das próprias alternativas, logo no processo de ponderação e soma evidenciam-se as classificações gerais (SAATY, 1990), isto significa que se classificam as alternativas em uma escala de intensidade de acordo com o critério determinado (SILVA e BELDERRAIN, 2005).

Já na segunda, a medida relativa, as comparações pareadas ocorrem em toda hierarquia, desde as alternativas que apresentam nível mais baixo juntamente com os critérios no nível acima (SAATY, 1990), ou seja, cada alternativa é comparada par a par com relação a um dado critério (SILVA e BELDERRAIN, 2005).

Assim sendo, no AHP, os julgamentos são realizados a partir das comparações aos pares (SCHMIDT, 1995), sempre avaliando conforme menciona Schmidt (1995, p.33): “dado um critério e duas alternativas A e B, qual

a alternativa que mais satisfaz, e quanto mais em relação ao critério considerado?”.

As comparações aos pares são realizadas conforme a memória do decisor, por meio da sua experiência ou de algum treinamento. Nesta etapa, os axiomas são claros, caso o decisor não possa responder, existem duas possibilidades: ou a pergunta não é relevante, ou as alternativas não são comparáveis (SCHMIDT, 1995). Efetivamente, os axiomas são explicados por Vargas (1990), como:

- Axioma 1: comparação recíproca

O decisor deve apresentar a sua preferência, bem como fazer as devidas comparações. Os autores Ishizaka e Nemery (2013), expressam este axioma por meio da equação (1):

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1)$$

onde, a_{ij} é a comparação do elemento i com j .

Por exemplo: se a_{12} é 6 vezes mais preferível que a_{21} , então, a_{21} é 1/6 vezes preferível que a_{12} .

- Axioma 2: homogeneidade

A partir da escala limitada, representam-se as preferências. Expressa-se este axioma, conforme a equação (2) (ISHIZAKA e NEMERY, 2013):

$$a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj} \quad (2)$$

onde, a_{ij} é a comparação do elemento i com j .

Por exemplo: se $a_{12} = 3$, então o elemento 1 é 3 vezes mais preferível que o elemento 2; se $a_{23} = 4$, logo, o elemento 2 é 4 vezes mais favorável que o elemento 3, assim tem-se a regra da transitividade.

- Axioma 3: independência

Os critérios são independentes das alternativas, uma vez que as preferências são declaradas.

- Axioma 4: expectativa

Para que o decisor possa realizar a tomada de decisão, a estrutura hierárquica deve estar completa.

Finalmente, para a comparação aos pares deve-se comparar os n elementos, de um nível hierárquico, com os critérios do nível acima da hierarquia. Nesta etapa, o decisor utiliza o seu conhecimento empírico sobre o problema para efetuar tais julgamentos (SILVA e BELDERRAIN, 2005).

Segundo Arueira (2014, p.39) “(...) cria-se uma matriz onde, por convenção, são apresentados os resultados das comparações entre o elemento que consta na coluna da esquerda na linha com o elemento que é apresentado na primeira linha da coluna de comparação.”

Os valores atribuídos às comparações representam a quantidade de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas outras. Então, sabe-se que cada elemento a_{ij} do vetor linha da matriz predominante expressa a preponderância de cada alternativa A_i (da linha) sobre a alternativa A_j (da coluna) (GOMES, 2009).

Assim sendo, a diagonal principal da matriz de comparações aos pares deve ser preenchida com o valor 1, no qual representa a não-dominância da alternativa sobre ela mesmo. Então se o elemento de cada alternativa A_i (da linha) sobre a alternativa A_j (da coluna) for mais importante coloca-se um valor entre 2 e 9. Caso contrário, insere-se o inverso dos valores de 2 a 9 (GOMES, 2009).

Logo, atenta-se que para cada valor inserido na comparação linha *versus* coluna deve-se colocar o inverso na posição coluna *versus* linha (ARUREIRA, 2014).

Para tanto, o AHP necessita de uma escala de razão. Isso se dá às comparações por pares, já que outros métodos utilizam escalas de intervalo (ISHIZAKA e NEMERY, 2013). A mais indicada e amplamente utilizada é a

escala de classificação de Saaty, ilustrada na TABELA 1 (ISHIZAKA e NEMERY, 2013; VARGAS, 2010).

TABELA 1 – ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DE SAATY

| Intensidade de importância | Definição | Forma de avaliação |
|---------------------------------------|---|--|
| 1 | Igual importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância pequena de uma sobre a outra | A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra. |
| 5 | Importância grande ou essencial | A experiência ou julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra. |
| 7 | Importância muito grande ou demonstrada | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância pode ser demonstrada na prática |
| 9 | Importância absoluta | A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de certeza. |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermédios entre os dois julgamentos adjacentes | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições. |
| Recíprocos acima de diferente de zero | Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i. | |

FONTE: Adaptado de Saaty (1990).

Para Silva e Belderrain (2005, p. 2), “[...] escalas de razão são a única maneira de generalizar uma teoria de decisão para o caso de dependência e feedback, porque as escalas de razão podem ser somadas e multiplicadas quando elas pertencem a mesma escala”.

Os números dos julgamentos na comparação aos pares são dispostos em uma matriz A de ordem $n \times n$, representada (SCHMIDT, 1995, p.43, adaptado):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Define-se da seguinte maneira:

$$a_{ij} > 0 \rightarrow \textit{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \rightarrow \textit{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \rightarrow \textit{homogênea}$$

Para a composição da matriz par a par, deve-se calcular o número total de julgamentos, dada pela equação (3):

$$\textit{número de julgamentos} = \frac{n(n-1)}{2} \quad (3)$$

As comparações por pares são indicadas pela psicologia cognitiva, pois desta maneira se tem mais precisão e facilidade em expressar a preferência sobre as alternativas (ISHIZAKA e NEMERY, 2013).

c) Prioridades

Posteriormente, deve-se calcular a prioridade, isto é, pontuação que classifica a importância da alternativa ou critério na decisão.

Os três tipos de prioridades são (ISHIZAKA e NEMERY, 2013):

- Prioridades de critérios: consiste em saber quão relevante cada critério tem sobre o objetivo;

- Prioridades de alternativas locais: consiste em saber quão relevante cada alternativa possui de acordo com cada critério;

- Prioridades de valoração global: consiste na classificação das alternativas em relação aos critérios. Para isso, utiliza-se os valores obtidos das prioridades anteriores.

As prioridades relativas de cada um dos critérios compreendem valores entre 0 e 1, sendo que sua soma deve totalizar 1 (GOMES, 2009). Deve-se, primeiramente, normalizar a matriz, para isso calcula-se o vetor prioridade por

meio da divisão entre cada elemento pela soma de todos os elementos das colunas (ARUREIRA, 2014).

Após a normalização da matriz, calcula-se o autovetor que se dá por meio da média dos valores de cada linha da matriz normalizada pela somatória de cada coluna, equação (4). Realiza-se esse cálculo a cada nível da matriz (SAATY,1990).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij} \cdot T_i}{T_i} \right) \right] \quad (4)$$

onde:

λ_{max} : autovalor máximo;

n : ordem da matriz;

T_i : autovetor normalizado;

a_{ij} : valores julgados e preenchidos na matriz de comparação;

i : índice da posição na linha;

j : índice da posição na coluna;

O próximo passo é realizar o teste de consistência, conforme indicado por Saaty (1990). Segundo o mesmo autor, Saaty (1990), a consistência significa que o número básico de julgamentos da matriz foi realizado e deduz-se os demais julgamentos até completar a matriz. Assim, tem-se a equação (5):

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

onde:

IC : índice de consistência;

λ_{max} : autovalor máximo;

n : número de critérios avaliados.

Isto significa que: deve-se multiplicar o valor encontrado na primeira posição da coluna do vetor prioridade pelo primeiro elemento da linha matriz de

comparação aos pares, depois soma-se com o produto do segundo valor encontrado no vetor prioridade com o segundo elemento da linha da matriz de comparação aos pares e assim sucessivamente. Portanto, o autovalor máximo se dá pela soma dos valores encontrados a partir do produto, conforme mencionado (SAATY, 1990).

Após encontrar o IC deve-se calcular a razão da consistência (RC), por meio da equação (6), sendo que a razão deve ser menor que 0,1.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (6)$$

onde:

RC: razão de consistência;

IC: índice de consistência;

IR: índice randômico.

O índice randômico é dado pelo QUADRO 2:

QUADRO 2 – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA (IR)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

FONTE: Saaty (1990).

Logo, é por meio do vetor prioridade encontra-se o autovetor, ou seja, define-se a prioridade de julgamento, e o autovalor, isto é, consistência dos valores (SAATY, 1990).

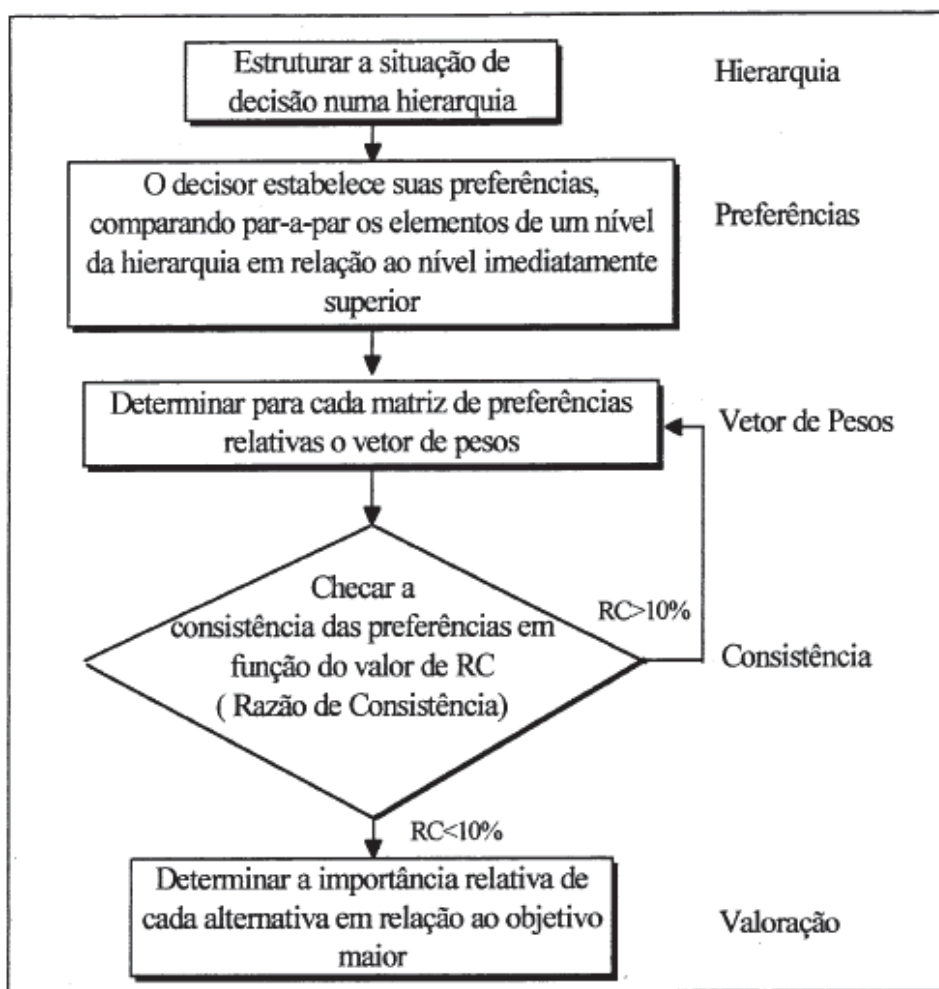
Então, é a partir da correlação entre as preferências e a escala numérica, que é derivado o principal autovetor de prioridades, no qual esse apresenta a dominância que um elemento possui sobre um determinado critério (SILVA e BELDERRAIN, 2005).

A hierarquia das alternativas é calculada quando todas as comparações já foram efetuadas e seus pesos analisados. Após a realização deste primeiro cálculo, determina-se a posição que cada alternativa tem perante a meta

estabelecida. Desta forma, quanto maior o valor final encontrado, maior será a contribuição da alternativa para a meta (VARGAS, 2010, adaptado).

Por fim, a estrutura geral do AHP pode ser apresentada como, FIGURA 7:

FIGURA 7 – FLUXOGRAMA GERAL DO AHP



FONTE: Schmidt (1995, p.26).

d) Análise de sensibilidade

O AHP permite o uso de análise de sensibilidade em qualquer parte de sua aplicação, a fim de verificar a resistência das alternativas quanto as possíveis mudanças na utilidade empregada. Os seguintes tipos de análise de sensibilidade podem ser realizados (GOMES, 2009):

- Peso dos critérios;

- Julgamento das alternativas;
- Quantidade de critérios e/ou alternativas.

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que permite a avaliação do método empregado e dos resultados apresentados por esse (GOMES, 2009).

O diferencial do método AHP está em sua capacidade de transformar as comparações, ou seja, dados empíricos em modelos numéricos, no qual pode-se processar e comparar, já que o peso dado a cada um dos critérios possibilita a avaliação de cada elemento dentro da hierarquia (VARGAS, 2010).

2.3 ANÁLISE MULTIVARIADA

Os métodos estatísticos utilizados para analisar variáveis são divididos em dois grupos, sendo: a estatística univariada - a qual avalia as variáveis isoladamente; e a estatística multivariada - a qual analisa as variáveis simultaneamente (VINCINI e SOUZA, 2005).

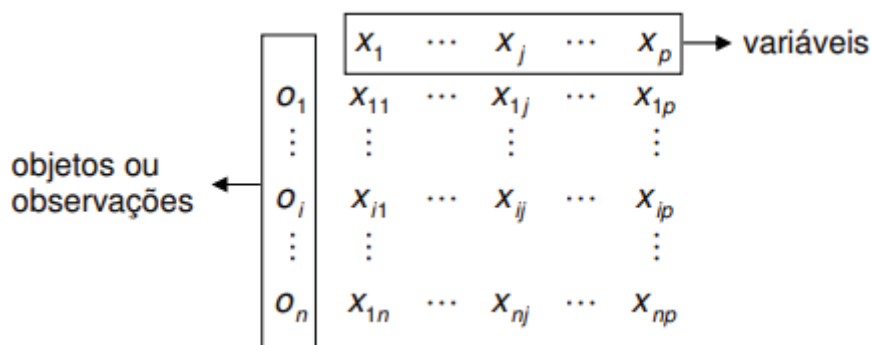
Então, de certa forma, a análise multivariada consiste em um conjunto de técnicas estatísticas que analisam múltiplas medidas sobre objetos de preferências de maneira simultânea (HAIR JR, et al., 2009; MANLY e ALBERTO, 2019).

Utiliza-se a análise multivariada quando os dados, um ou mais objetos de preferência dentro da amostra, segundo Marques (2005, p. 20), "são mensurados por medidas simultâneas ou por diversas variáveis de interesse". Logo, considera-se multivariada qualquer amostra que possua mais de duas variáveis de preferência (MARQUES, 2005).

Para Mardia, Kent e Bibby (1979, p. 1 *apud* Marques, 2005, p.20), "se n objetos, o_1, \dots, o_n e p variáveis, x_1, \dots, x_p , os dados contém np peças de informação". Representando a afirmação em forma de matriz $n \times p$, tem-se que a linha corresponde a um objeto ou observação (o_1, \dots, o_n) e a coluna uma variável (x_1, \dots, x_p) , conforme a FIGURA 8.

Hair Jr et al. (2009) mencionam que para alguns autores, a análise multivariada tem por finalidade medir, explicar e prever o nível de relação entre as variáveis. Então, sua especificidade se dá nas múltiplas variáveis estatísticas, ao contrário de apenas números de variáveis e observações.

FIGURA 8 – MATRIZ DE DADOS



FONTE: Mardia, Kent e Bibby (1979 *apud* MARQUES, 2005, p.20)

Define-se uma combinação linear de variáveis com pesos implícitos determinados, portanto n variáveis ponderadas representada de uma variável estatística pode ser dita como (equação 7) (HAIR JR et al., 2009):

$$\text{Valor da variável estatística} = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + \dots + w_nX_n \quad (7)$$

onde:

X_n é a variável observada, com n podendo variar de 1 até p ;

w_n é o peso determinado pelo método multivariado.

Assim sendo, um único valor caracteriza a combinação do conjunto inteiro de variáveis que melhor representa o propósito da análise multivariada (MARQUES, 2005).

Os métodos multivariados são mais utilizados em: redução ou simplificação de dados; classificação e agrupamento; análise da relação de dependência entre as variáveis; previsão; e construção e teste de hipótese (JOHNSON e WICHERN, 1998).

2.3.1 Análise de agrupamentos (*Cluster analysis*)

A análise de agrupamento ou *cluster analysis* é uma técnica estatística que permite separar ou classificar os objetos analisados em grupos, a partir das características existentes, ou seja, colocar no mesmo subgrupo os objetos que

apresentam maior similaridade interna e menor dissimilaridade externa (MOORI, MARCONDES e ÁVILA, 2002; NEVES e VANZELLA, 2017).

Segundo Hair Jr et al. (2009), a análise de agrupamento apresenta semelhança com análise fatorial, pois em ambas o objetivo é avaliar a estrutura. Enquanto a primeira tem em sua essência a agregação de objetos baseada em distância, ou seja, proximidade, por sua vez, a segunda agrega variáveis e realiza o agrupamento a partir da variação dos dados, isto é, correlação dos dados.

Portanto, a análise de agrupamento classifica os objetos, tal qual, esse é semelhante aos demais presentes no agrupamento fundamentado nas características escolhidas. Com isso, obtém-se, como resultado dos agrupamentos, alta homogeneidade interna (entre os objetos do grupo) e alta heterogeneidade externa (entre os objetos de outros agrupamentos). Desta forma, Hair Jr et al. (2009, p. 430) citam que “assim, se a classificação for bem-sucedida, os objetos dentro dos agrupamentos estarão próximos quando representados graficamente, e diferentes agrupamentos estarão distantes”.

Perante os demais métodos de classificação, a análise de agrupamento é diferente e mais primitiva. Além disso, esta técnica é baseada em similaridades e dissimilaridades (distâncias) (MARQUES, 2005).

2.3.1.1 Medidas de similaridade e dissimilaridade.

De certa forma, as variáveis são agrupadas, usualmente, com base no coeficiente de correlação, então quanto maior for o valor observado mais similaridade apresentam os objetos. Já quanto menor for o valor observado menor similaridades terão, ou seja, apresentam dissimilaridade (MARQUES, 2005).

Segundo Marques (2005), para dissimilaridade, tem-se as medidas, por exemplo, da distância Euclidiana (equação 8),

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad (8)$$

onde p são as variáveis;

Outras medidas de distâncias são:

- Quadrado da distância Euclidiana (equação 9),

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2 \quad (9)$$

- Métrica de Minkowski (equação 10),

$$d(x, y) = \left[\sum_{i=1}^p |x_i - y_i|^m \right]^{\frac{1}{m}} \quad (10)$$

onde $m = 1$, é a distância *city-block*;

$m = 2$, é a distância Euclidiana;

$m = \infty$, é a distância Suprema.

- Distância *city-block* (*Manhattan*, equação 11),

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^p |x_i - y_i| \quad (11)$$

- Distância de *Mahalanobis* ou distância estatística (equação 12).

$$d(x, y) = \sqrt{(x_i - y_i)' \mathbf{S}^{-1} (x_i - y_i)} \quad (12)$$

onde \mathbf{S} é a estimativa amostral da matriz de variância – covariância Σ dentro dos agrupamentos.

Segundo Marques (2005), existem duas formas de se realizar o agrupamento, podendo ser o agrupamento hierárquico e não-hierárquico.

2.3.1.2 Métodos de agrupamentos hierárquicos

As técnicas de agrupamentos hierárquicas são realizadas por séries de junção sucessivas e por divisões sucessivas. Inicialmente, para realizar o método de agrupamento hierárquico, deve-se começar pelos objetos individuais, assim os similares são agrupados e após unem-se conforme essa característica. Desta forma, conforme as similaridades decrescem, os grupos menores ou subgrupos formam um único. Então, os grupos estão ligados por meio das distâncias entre os pares de objetos conforme o respectivo grupo (MARQUES, 2005).

Os autores Johnson e Wichern (1998), apresentam o algoritmo para agrupamento hierárquico de N objetos, como:

- primeiro passo: deve-se calcular a matriz simétrica de distâncias $D = (d_{ik})$, onde d_{ik} é a distância do objeto i ao k . Inicialmente são formados com N grupos, cada um com somente um objeto. A matriz pode ser representada pela FIGURA 9:

FIGURA 9 – MATRIZ SIMÉTRICA DE DISTÂNCIAS D

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nn} \end{bmatrix}, \text{ onde } d_{11} = d_{22} = \cdots = d_{nn} = 0$$

FONTE: Johnson e Wichern (1998)

- segundo passo: a partir da matriz de distâncias D acha-se o par de grupo mais próximo, representado por d_{AB} – caso seja o grupo A e o grupo B os mais próximos;

- terceiro passo: o novo grupo passa a ser AB , caso os primeiros grupos do par forem A e B . Então, cria-se uma outra matriz de distância, mas sem a linha e coluna referente ao grupo AB recém-formado e posteriormente, adiciona-se uma nova linha e coluna com as distâncias de AB aos demais grupos;

- quarto passo: Repete-se $(N - 1)$ vezes o segundo e o terceiro passos, sempre observando as identidades dos grupos formados, bem como os níveis em que eles se unem.

Assim sendo, para dar continuidade no método hierárquico, utiliza-se duas técnicas: ligações simples e ligações completas ou vizinho mais perto e vizinho mais distante, respectivamente. A primeira diz respeito aos grupos formados por entidades individuais por meio do agrupamento de menor distância ou maior similaridade entre os grupos. Para isso, deve-se encontrar a menor distância na matriz simétrica $D = (d_{ik})$ e depois unir os objetos. Desta forma, sejam os objetos A e B dado pelo agrupamento (AB) , então para o passo três do algoritmo mencionado, as distâncias entre (AB) e outro grupo, por exemplo, C , calculam-se pela equação (13) (MARQUES, 2005):

$$d_{(AB)C} = \min(d_{AC}, d_{BC}) \quad (13)$$

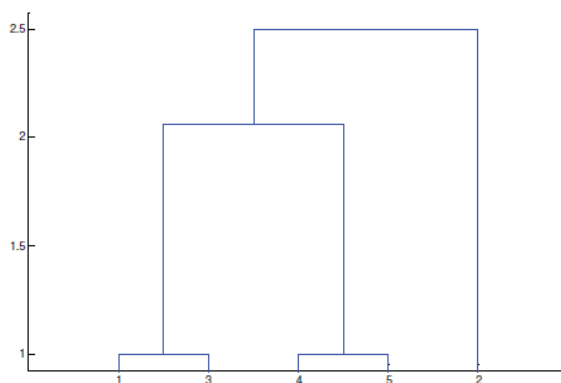
onde, d_{AC} e d_{BC} são, respectivamente, as distâncias entre os grupos vizinhos A e C , e B e C .

Já a segunda técnica, o vizinho mais distante, é semelhante a primeira, diferenciando-se que a distância agora é a medida máxima entre dois elementos. Para o terceiro passo do algoritmo mencionado, calcula-se pela equação (14) (MARQUES, 2005):

$$d_{(AB)C} = \max(d_{AC}, d_{BC}) \quad (14)$$

Os resultados dessas técnicas podem ser representados por Marques (2005, p. 50) pela FIGURA 10:

FIGURA 10 – DENDOGRAMA



FONTE: Marques (2005, p. 50)

2.3.1.3 Métodos de agrupamentos não – hierárquicos

Os métodos de agrupamento não hierárquicos são utilizados em situações que se deseja agrupar os objetos em K grupos (MARQUES, 2005). Segundo Johnson e Wichern (1998), esses métodos podem iniciar de uma partição de itens em grupos ou de um conjunto de pontos que formarão os agrupamentos. Uma das técnicas populares é a K-médias (MARQUES, 2005).

2.3.1.3.1 Método *K-means*

Existem vários algoritmos de agrupamento, dentre eles se tem o método *k-means* ou *k-médias*. Pode-se dizer que esse método é um dos mais simples e proporciona facilidade na classificação de um conjunto, entretanto é mais limitado e um pouco inflexível (TREVISAN, 2017). Além disso, é um método não hierárquico, usado em dados numéricos e depende da definição do número de *clusters* (k) (GUIMARÃES, 2019).

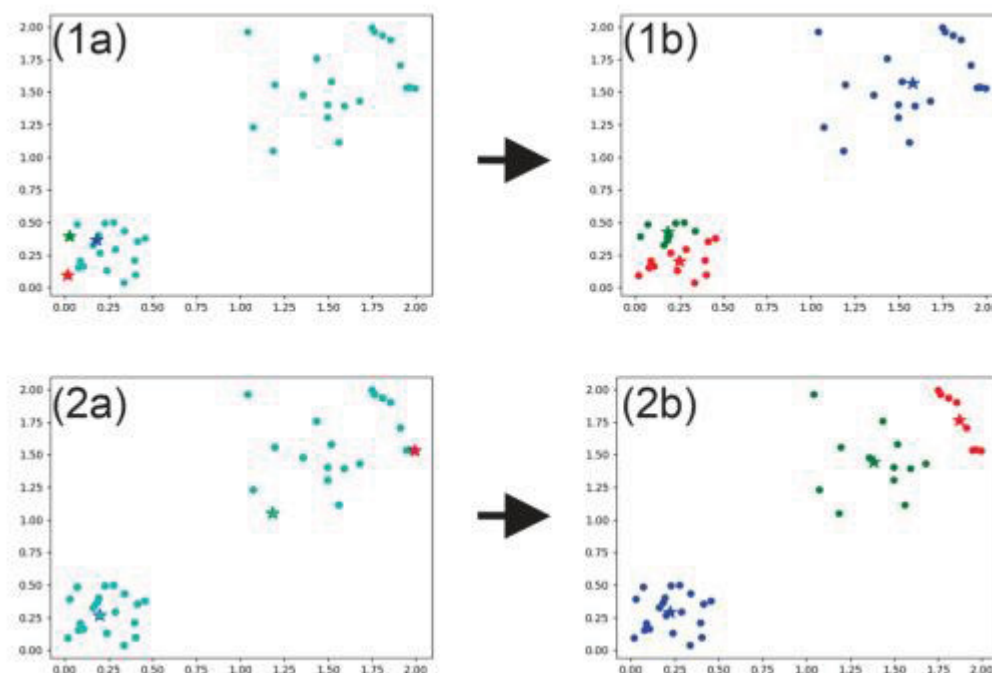
Apresentam-se duas etapas principais, ditas como: atribuição – em que se atribui a cada objeto do conjunto ao grupo que possui uma maior proximidade, ou seja, estipula-se k pontos (o mesmo número de *cluster*) para serem os primeiros centroides e posteriormente o ponto ao *cluster* para o centroide com maior proximidade – e atualização – calculam-se novas centroides até que seja finalizado (TREVISAN, 2017).

Marques (2005), completa mencionando que se deve repartir os itens em grupos. Posteriormente, realoca-se cada objeto no grupo, em que a centroide esteja mais próxima, para isso, usualmente utiliza-se a distância Euclidiana (equação 8) para, enfim, recalculam o centroide e verificar se houve perda ou ganho de algum item.

A FIGURA 11, segundo Matte (2020, p.39) faz uma

representação de duas execuções do algoritmo *k-Means*, para $k = 3$, indicadas por 1 e 2 na figura. Na execução 1, (1a) e (1b) indicam, respectivamente, a fase de inicialização randômica dos centroides e o agrupamento final obtido. Na execução 2, (2a) e (2b) indicam a fase de inicialização randômica dos centroides e o agrupamento final obtido.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO K-MEANS



FONTE: Matte (2020, p.39)

Maciel, Vinhas e Câmara (2015) acrescentam que “o *K-means* é sensível a *outliers* e ruídos, e seu desempenho depende da posição dos centroides iniciais”.

2.3.1.4 Método Silhueta

Dentre os métodos existentes para definir a quantidade de grupos têm-se o método silhueta ou em inglês *silhouette*. De acordo com Maciel, Vinhas e Câmara (2015), esse método foi criado por Rousseeuw em 1987, e contribui na escolha do melhor número de grupos por meio da avaliação dos particionamentos, além disso, permite visualizar graficamente os agrupamentos.

Para tanto, Maciel, Vinhas e Câmara (2015), esse método é um gráfico do agrupamento constituído por um valor de silhueta ($s(i), i = 1, \dots, n$), no qual representa a qualidade da alocação dos objetos no grupo. Desta maneira, cada objeto do agrupamento é apresentado por i e para cada um – objeto i – o valor $s(i)$ é dado por (equação 15):

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (15)$$

onde:

$a(i)$ representa a dissimilaridade média do objeto i em relação aos demais objetos do mesmo grupo; e $b(i)$ a dissimilaridade média do objeto i em relação aos demais objetos do grupo mais próximo.

Deve-se calcular a média de $s(i)$ para todos os objetos i (equação 16). Esse valor é adimensional e pode variar entre -1 e 1 .

$$\text{Média do Coeficiente de Silhueta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s(i) \quad (16)$$

Desta forma, quanto mais próximo o valor médio de $s(i)$ de 1 , sabe-se que o objeto i foi bem classificado no agrupamento, isto é, próximo dos outros objetos do grupo. Em contrapartida, se a média de $s(i)$ estiver próximo de -1 , $a(i) > b(i)$, então o objeto i foi mal classificado dentro do agrupamento, ou seja, está distante dos demais objetos do próprio grupo. Caso o valor médio $s(i)$ estiver próximo de 0 , $a(i) = b(i)$, significa que o objeto está entre o próprio grupo e o próximo., indicando que o objeto i é intermediário aos dois grupos (MACIEL, VINHAS e CÂMARA, 2015).

Conclui-se que o ideal é estar mais próximo a 1 . O coeficiente de silhueta é uma medida de qualidade para o agrupamento (MACIEL, VINHAS e CÂMARA, 2015).

2.4 MÉTODO DELPHI OU TÉCNICA DELFOS

Empregou-se o nome de *Projeto Delphi* em uma série de estudos conduzida pela *RAND Corporation*, em Santa Mônica, Califórnia, EUA. O nome *Delphi* é denominado assim devido ao antigo oráculo Delfos (GOMES e GOMES, 2014) e foi desenvolvido durante a Guerra Fria, por volta da década de 50, pelos órgãos associados à Defesa Estadunidense (MARQUES e FREITAS, 2018).

Seus fundamentos foram apresentados detalhadamente em 1964, pelos pioneiros Dalkey e Helmer (GOMES e GOMES, 2014).

Segundo Linstone e Turoff (2002, p. 3), o objetivo do método Delphi é “estruturar um processo de comunicação em grupo, de modo que o processo seja eficaz para permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, lide com um problema complexo”. Ou seja, é um método criado para estruturar sistematicamente as opiniões de especialistas, conforme a sua área de aderência, a fim de que o resultado esteja em comum acordo (GOMES e GOMES, 2014).

Caracterizado como intuitivo e interativo, o método consiste na criação de um conjunto de perguntas que é aplicado a um grupo de especialistas, para obter informações resumidas de um evento futuro. Os dados são analisados sistematicamente, com o intuito de saber qual a tendência e opiniões sobre um determinado evento, bem como suas justificativas, calculando a mediana e o desvio-padrão. Ao tabular os primeiros resultados, deve-se informar os especialistas e repetir o questionário (GOMES e GOMES, 2014; MARQUES e FREITAS, 2018).

Assim, ao informar os especialistas das demais opiniões, pede-se que reconsiderem ou mantenham a sua opinião inicial, já que o intuito é obter uma consonância ainda maior entre as opiniões. As interações, independentemente da quantidade, devem se repetir até que um consenso seja alcançado (GOMES e GOMES, 2014).

O método deve seguir 7 etapas, conforme definido por Oliveira (2001):

- Etapa 0: etapa decisória que tem por finalidade definir as orientações quanto à autorização dos participantes nas alterações nos cenários e questionário; ao nível de consenso entre os participantes; e identificação e seleção dos participantes.
- Etapa 1: a partir de um cenário criado, os participantes estimam o nível, época e probabilidade de ocorrência de um evento nesta situação apresentada;
- Etapa 2: coletam-se as primeiras estimativas e informações, essas são sintetizadas em mediana, primeiro e terceiro quartis.

- Etapa 3: apresentam-se os dados estimados e pede-se que os participantes reavaliem suas estimativas e as justifiquem o porquê de estarem afastados da maioria;
- Etapa 4: coletam-se novos dados e informações, bem como recalculam-se novamente as medidas estatísticas. Além disso, listam-se as justificativas daqueles que mantiveram as informações iniciais;
- Etapa 5: após a análise dessa segunda rodada, os participantes reavaliam as informações dadas e justifiquem o porquê de continuarem com as mesmas respostas;
- Etapa 6: repete-se o processo até que o consenso seja alcançado.

Para Oliveira (2001), o Delphi deve apresentar três características básicas, para que assim possa usufruir melhor do trabalho das equipes, são elas:

- a) Anonimato entre os participantes durante o processo, faz com que um não exerça influência sobre o outro. Então, o participante possui autonomia para opinar sem qualquer interferência;
- b) Interação com respostas controladas, na qual o coordenador conduz o processo e evita que a equipe fuja da temática, concentre-se no tema em debate, conforme as etapas supracitadas;
- c) Respostas estatísticas da equipe, a qual é repassada pelo coordenador do processo, a fim de se reduzir a dispersão das respostas entre os participantes.

Aplica-se o Delphi nas seguintes situações quando (RATTNER, 1979 *apud* SOTSEK, 2014):

- a) Não se pode solucionar os problemas por meio de técnicas analíticas precisas;
- b) Tanto os problemas quanto as soluções são analisadas por meio de opiniões intangíveis;
- c) Para solucionar o problema necessita de participantes multidisciplinares;
- d) Angariar as opiniões face a face dos participantes é limitada;
- e) Deseja-se evitar influências dominadoras durante a formação das opiniões mediante a interferências diversas, como, persuasão, expressividade e demais traços da personalidade;

- f) As limitações físicas impedem os encontros;
- g) O consenso não é possível ser alcançado mediante a encontros face a face;
- h) Existem questões políticas que permitem a conveniência do anonimato.

Ainda segundo Linstone e Turoff (2002), é evidenciada a importância de formar um grupo de respondentes, para que as informações prestadas sejam honestas, responsáveis e comprometidas. Outro ponto destacado pelos autores, é que o responsável deve manter eficiência na comunicação, para isso deve-se adotar meios versáteis e até o final da rodada, mesmo que apareçam divergências entre os respondentes.

Sotsek (2014) apresenta um quadro (QUADRO 3) acerca das vantagens e desvantagens do método Delphi.

QUADRO 3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO DELPHI

| CARACTERÍSTICAS | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|----------------------|--|--|
| Anonimato | Igualdade de expressão de ideias. O anonimato faz com que a interatividade aconteça com maior espontaneidade e que assuntos críticos ou polêmicos possam ser melhor discutidos e apresentados pelos participantes. | Ao responder um questionário sozinho, o respondente pode não se lembrar de tudo que pensa sobre o assunto ou pode não se ater a pontos sobre os quais ainda não refletiu. |
| <i>Feedback</i> | Redução de ruídos. Evita desvios no objetivo do estudo. Fixação no grupo das metas propostas. Possibilidade de revisão de opiniões pelos participantes. | Pode determinar o sucesso ou o insucesso do método. Risco de excluir da análise pontos de discordância. |
| Flexibilidade | No decorrer das discussões os participantes recebem opiniões, comentários e argumentações dos outros especialistas, podendo, assim rever suas posições diante do assunto pesquisado. As barreiras comunicacionais são superadas. | Dependendo de como serão apresentados os resultados e <i>feedbacks</i> , é possível que se criem consensos, forçados ou artificiais, em que os respondentes podem aceitar de forma passiva a opinião de outros especialistas e passar a defendê-las. |
| Uso de especialistas | São formados conceitos, julgamentos, apreciações e opiniões confiáveis a respeito do assunto. | Possibilidade de obter consenso de forma demasiado rápida. |
| Consenso | Sinergia de opinião entre os especialistas. Identificação do motivo de divergência de opiniões. | Riscos de criar um consenso artificial. |

Continuação

| | | |
|----------------|---|--|
| Interatividade | A interatividade foge de uma conjuntura hierárquica, pois formata as respostas e, em seguida, faz com que elas sejam partilhadas. Adequação das respostas, pois tende a excluir excentricidades que estejam fora do contexto solicitado. Aprendizado recíproco entre os respondentes. | Rodadas interativas realizadas em rede são apontadas como desvantagens por críticos do método. Apesar de tornar o processo mais rápido e menos oneroso, o sincronismo possibilitado pela internet, contraria o benefício de obter respostas mais elaboradas. |
|----------------|---|--|

FONTE: Oliveira et al. (2013 apud SOTSEK 2014, p.62)

Para Linstone e Turoff (2002), a aplicação do método deve considerar:

- a) dois grupos, um para elaboração dos questionários e outro de especialistas para respondê-lo. Caso esta etapa não seja feita adequadamente, comprometerá toda análise do processo;
- b) o grupo responsável pela elaboração, deve possuir um bom embasamento sobre o tema em estudo, por meio da literatura especializada ou entrevistas com especialistas;
- c) o mesmo grupo, elaboração do questionário, deve ser o mais neutro possível, para que as questões não sejam tendenciosas;
- d) os especialistas devem possuir os mesmos conceitos e pensamento, a fim de evitar uma alta divergência nas interpretações.

Kuusi (1999) ainda completa que as informações relevantes somente aparecerão se os especialistas forem responsáveis em suas respostas, para isso três fatores são destacados: atribuições pessoais dos especialistas, normas que norteiam a organização a qual ele atua, e dos organizadores de estudos prospectivos.

A implementação do método Delphi começa com uma acentuada pesquisa acerca do assunto, seguindo da identificação e seleção dos especialistas com intensa participação na área de estudo. Posteriormente, desenvolve-se a metodologia Delphi, para, enfim, analisar as informações e dados prestados (SOTSEK, 2014).

Segundo Gomes e Gomes (2014), não se deve forçar uma opinião comum, e sim substituir a interação entre os especialistas por retorno de respostas, explicitando os critérios de julgamento.

2.4.1 Coeficiente alfa de Cronbach

O coeficiente alfa Cronbach foi desenvolvido por Lee J. Cronbach em 1951. Segundo Gaspar e Shimoya (2017), “é uma das ferramentas estatísticas mais importantes e difundidas em pesquisas que envolvem a construção de testes e sua aplicação.” Desta forma, o coeficiente é útil porque: possui uma confiabilidade coerente já na primeira aplicação, o que exclui a necessidade de reaplicar o questionário; possuiu um amplo emprego como em questionários de múltipla escolha com escalas dicotômicas ou escalas atitudinais; além de ser facilmente calculável, pois é baseado em estatística básica (GASPAR e SHIMOYA, 2017).

O coeficiente alfa de Cronbach pode ser calculado por meio da equação 17:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_t^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (17)$$

Onde, σ_i^2 é a variância de cada coluna da matriz X (coluna que representa cada questão da matriz); e σ_t^2 é a variância da soma de cada linha da matriz X (soma das respostas de cada pessoa). Assim sendo, a classificação da confiabilidade desse coeficiente deve ser (GASPAR E SHIMOYA, 2017), conforme o QUADRO 4:

QUADRO 4 – CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

| | |
|------------------------------|-------------|
| $\alpha \leq 0,30$ | Muito baixo |
| $0,30 \leq \alpha \leq 0,60$ | Baixa |
| $0,60 \leq \alpha \leq 0,75$ | Média |
| $0,75 \leq \alpha \leq 0,90$ | Alta |
| $\alpha \leq 0,90$ | Muito alta |

FONTE: Gaspar e Shimoya (2017).

Para Gaspar e Shimoya (2017), o valor mínimo aceitável é de 0,70, já o máximo é 0,90. A análise deve ser: abaixo do primeiro valor, significa que existe inconsistência no teste. Já o coeficiente acima do segundo valor pode apresentar

redundância ou duplicação, ou seja, vários itens estão medindo exatamente o mesmo conceito. Sugere-se que se o valor ficar acima do supracitado, deve-se eliminar as possíveis redundâncias analisando cada item do teste.

3 METODOLOGIA

Para que exista um entendimento de como a pesquisa foi realizada, as próximas seções abordam a classificação da pesquisa, procedimentos metodológicos, revisão sistemática da literatura, definição dos critérios e subcritérios, definição das alternativas, escolha do método e proposta da aplicação *web*.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A classificação deste estudo inicia-se com a sua natureza da pesquisa que pode ser descrita como aplicada, que tem o propósito de estudar um problema – seja individual ou coletivo –, buscando solucionar os desafios existentes no cenário inserido (ASSIS, 2008). Caracterizou-se a forma de abordagem como quantitativa, que é baseada em coletar e tratar os dados obtidos com métodos estatísticos (MASCARENHAS, 2012).

Seguindo a classificação, a indução é um processo de raciocínio da pesquisa, já que o seu objetivo é proporcionar conclusões a partir de um conteúdo mais abrangente do que a ideia inicial nas quais se basearam, ou seja, norteia apenas as conclusões prováveis (MARCONI e LAKATOS, 2010).

Conforme o objetivo da pesquisa, o tipo de investigação foi caracterizado como descritivo, visto ser este um levantamento de aspectos já conhecidos. De acordo com o método utilizado para consolidar as informações, ou seja, os procedimentos de coleta, o instrumento da pesquisa foi classificado como levantamento (DOS SANTOS, 1999). O levantamento utiliza uma série de recursos distintos, tais como questionários, entrevistas, formulários, relatos, entre outros, para coletar dados de um grupo de interesse (DOS SANTOS, 1999) e assim construir as informações necessárias à pesquisa.

Para Gil (2018, p. 32) as pesquisas de levantamento são movidas pela necessidade de se conhecer o comportamento das pessoas, logo: “basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados.”

A estrutura referente à classificação da pesquisa pode ser resumida na FIGURA 12.

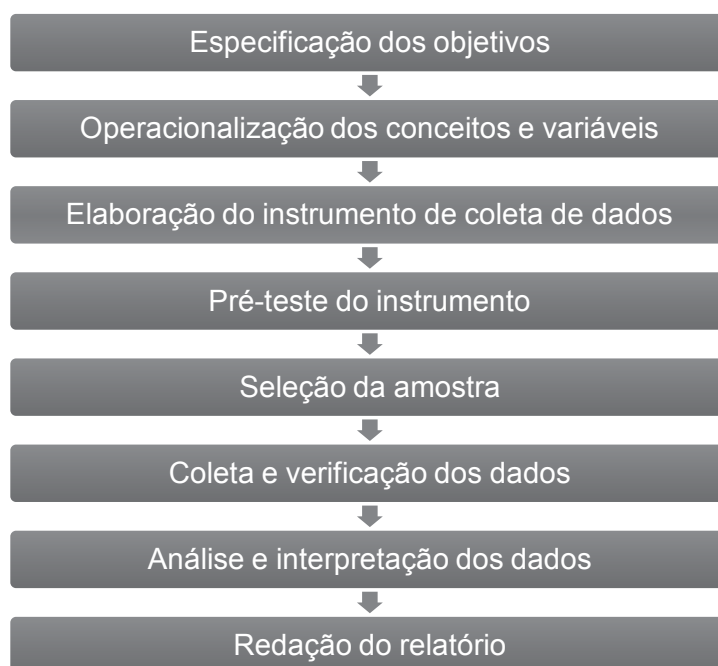
FIGURA 12 – ESTRUTURA RESUMIDA DA CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

| Classificação da pesquisa | | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Natureza da pesquisa | Forma de abordagem | Processo de raciocínio | Tipo de investigação | Instrumento da pesquisa |
| aplicada | quantitativa | indução | descritivo | levantamento |

FONTE: A autora (2021)

Segundo Gil (2018), as etapas metodológicas para pesquisa de levantamento podem ser definidas conforme a FIGURA 13.

FIGURA 13 – ETAPAS METODOLÓGICAS DA PESQUISA DE LEVANTAMENTO



FONTE: Gil (2018, p. 91).

Descrevendo-as, conforme Gil (2018), têm-se:

- Especificação dos objetivos – descreve-se o que será alcançado com a pesquisa de levantamento. Logo, referem-se às características que serão avaliadas em um determinado grupo.

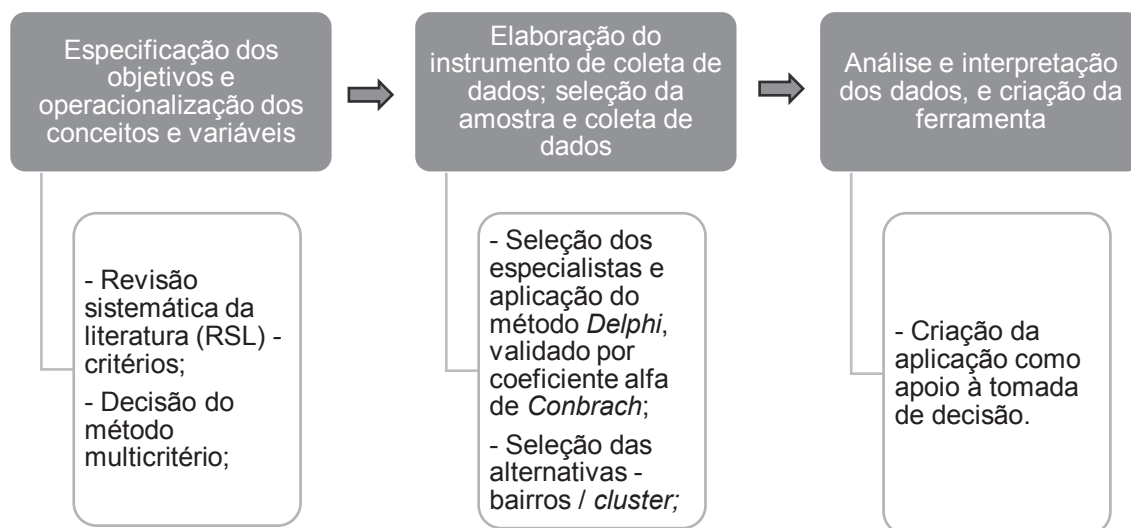
- Operacionalização dos conceitos e variáveis – dentro da pesquisa de levantamento algumas variáveis podem ser observadas com facilidade, mesmo que empiricamente. Entretanto, outras variáveis não apresentam a mesma característica, então é necessário torná-las passíveis de tal mensuração. Para isso, inicialmente deve-se defini-las teoricamente, em seguida, segundo Gil (2018, p.93) “procede-se à chamada definição operacional do conceito ou da variável, ou ainda de suas dimensões”.
- Elaboração do instrumento de coleta de dados – para a coleta de dados são utilizados o questionário, a entrevista etc.
- Pré-teste do instrumento – visa validar os instrumentos selecionados para a realização da pesquisa, a fim de que eles meçam de acordo com o propósito estipulado. Dentre tópicos a serem avaliados têm-se: clareza dos termos, quantidade de perguntas, elaboração da pergunta, sequência das perguntas e aplicação do pré-teste.
- Seleção da amostra – necessidade de amostras; amostragem: aleatória simples, sistemática, estratificada, por conglomerados e por cotas; e tamanho da amostra.
- Coleta e verificação dos dados – é necessário verificar rigorosamente como está sendo feita a coleta de dados, sendo necessário examinar os dados quanto à sua clareza, coerência, precisão e completção.
- Análise e interpretação dos dados – deve-se realizar a interpretação das respostas, organizar os dados obtidos e aplicar os cálculos estatísticos necessários. Após este processo, os resultados devem ser interpretados e analisados conforme a teoria ou estudos anteriores.
- Redação do relatório – redação e publicação do estudo encontrado.

Na próxima subseção, cada item supracitado será apresentado conforme o intuito da pesquisa.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Conforme Gil (2018), as etapas metodológicas da pesquisa de levantamento são representadas pela FIGURA 14. Desta forma, aplicando-as nesta pesquisa tem-se o procedimento metodológico, por meio da FIGURA 14:

FIGURA 14 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO



FONTE: A autora (2021)

Nas próximas seções apresenta-se como foram realizados os dois primeiros estágios do procedimento metodológico.

3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

3.3.1 Planejamento e definição do objetivo

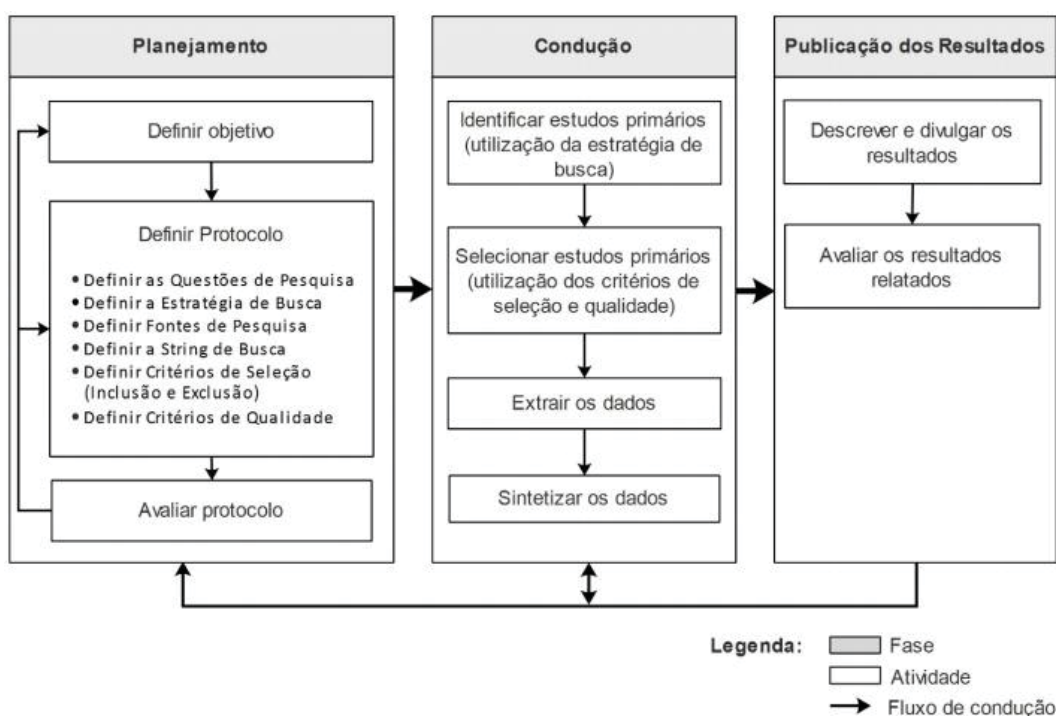
Para a realização da RSL utilizou-se como guia o trabalho de Falbo (2018), no qual se apresentam as fases da RSL na FIGURA 15.

Inicialmente foi elaborado o planejamento da RSL que consta as definições do objetivo e protocolo. Esta fase tem por propósito verificar qual a necessidade da realização da RSL, então, deve-se analisar se já foi publicado uma RSL na área em que se deseja estudar (FALBO, 2018).

Como não foi identificada uma RSL que estivesse de acordo com o tema da pesquisa, foi desenvolvida uma e seu planejamento foi descrito nas seções seguintes.

O objetivo da RSL foi definido como: elaborar uma revisão sistemática como método de investigação para o levantamento de pesquisas aplicadas, utilizando a seguinte pergunta: quais os métodos numéricos podem ser aplicados na decisão de localização de um empreendimento?

FIGURA 15 – FASES DA RSL



FONTE: Falbo (2018, p. 4).

Desta forma, o que se esperava saber sobre o assunto foi conhecer os métodos que têm sido utilizados na decisão de localização.

3.3.2 Definição do protocolo e condução da RSL

O protocolo deve ser bem definido, pois é a partir dele que as questões pertinentes à pesquisa são definidas, como por exemplo, a estratégia que será utilizada e os critérios de seleção do material encontrado. O grau da elaboração do protocolo, ou seja, a sua qualidade é proporcional à importância da RSL (FALBO, 2018).

Para a definição do protocolo da RSL, inicialmente definiram-se as questões da pesquisa, sendo:

- QP1: Quais métodos vêm sendo usados para a decisão de localização? (método, ferramenta, processo etc.).
- QP2: Existe aplicação na área educacional, especificamente do ensino superior?
- QP3: Qual a classificação da pesquisa (estudo de caso, experimento, pesquisa-ação etc.)?

Seguindo a elaboração do protocolo, a estratégia de busca foi definida a partir da pergunta da RSL e foi combinada com os operadores *booleanos AND* e *OR*, apresentadas no QUADRO 5. Os termos de busca foram divididos em três partes genéricas, retirados da ideia central da pergunta de pesquisa, sendo: método, decisão e local. Por conseguinte, foi realizado o agrupamento de termos, a fim de elaborar a *string* de busca.

QUADRO 5 – *STRING* DE BUSCA

| Quais os métodos numéricos podem ser aplicados na decisão de localização de um empreendimento? | |
|--|--|
| Termos de busca | Palavras-chave - português |
| Método | ((análise multivariada) OR (análise multicritério) OR (análise agrupamento) OR (decisão multicritério) OR (decisão multivariada)) AND ((critério decisão) OR (método decisão) OR (localização instalações)) |
| Análise multivariada | |
| Análise multicritério | |
| Análise agrupamento | |
| Decisão multicritério | |
| Decisão | ((critério decisão) OR (métodos decisão) OR (localização instalações)) AND ((ensino distância) OR (educação distância) OR (aprendizagem eletrônica) OR (abertura franquia)) |
| Critério de decisão | |
| Método de decisão | |
| Localização de instalações | |
| Local | ((análise multivariada) OR (análise multicritério) OR (análise agrupamento) OR (decisão multicritério) OR (decisão multivariada)) AND ((ensino distância) OR (educação distância) OR (aprendizagem eletrônica) OR (abertura franquia)) |
| Ensino a distância | |
| Educação a distância | |
| Abertura franquia | |
| Search terms | Keywords - english |
| Methods | ((multivariate analysis) OR (multicriteria analysis) OR (cluster analysis) OR (decision multivariate) OR (decision multicriteria)) AND ((decision criteria) OR (decision methods) OR (location of facilities)) |
| Multivariate analysis | |
| Multicriteria analysis | |
| Cluster analysis | |
| Decision multivariate | |
| Decision multicriteria | |

Continuação

| | |
|-------------------------------|--|
| Decision | <i>((decision criteria) OR (decision methods) OR (location of facilities)) AND ((distance learning) OR (distance education) OR (e-learning) OR (franchise opening))</i> |
| <i>Decision criteria</i> | |
| <i>Decision methods</i> | |
| <i>Location of facilities</i> | |
| Location | <i>((multivariate analysis) OR (multicriteria analysis) OR (cluster analysis) OR (decision multivariate) OR (decision multicriteria)) AND ((distance learning) OR (distance education) OR (e-learning) OR (franchise opening))</i> |
| <i>Distance learning</i> | |
| <i>Distance education</i> | |
| <i>E-learning</i> | |
| <i>Franchise opening</i> | |

FONTE: A autora (2021)

Para completar a estratégia de busca, o período escolhido foi de 2014 a 2019 e foi realizada somente em artigos publicados, excluindo trabalhos apresentados em conferências, congressos e afins. Não houve definição de área da publicação, somente as bases de dados sendo as três principais fontes: *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. A escolha dessas bases se dá pelo seu amplo acervo e interdisciplinaridade.

Dando continuidade na elaboração do protocolo, os critérios de seleção foram definidos e classificados como:

– Critérios de Inclusão (CI)

- CI1: Tem afinidade/familiaridade com o tema?
- CI2: Tem aplicação de um método numérico e/ou análise de agrupamento, conforme os termos de busca definidos, e aplicação prática de tomada de decisão de localização?

– Critérios de Exclusão (CE)

- CE1: É repetido – duplicidade;
- CE2: Não tem afinidade com o tema, ou seja, decisão de localização;
- CE3: Não atende ao CI2;
- CE4: O idioma do artigo é diferente de inglês e/ou português.

Após a definição dos critérios de inclusão e exclusão realizou-se a segunda fase da revisão, denominada de Condução.

Depois de a elaboração do protocolo da RSL foi realizada a condução da revisão. Primeiramente foi criada uma planilha na qual os dados encontrados

foram registrados. A busca pelos artigos, por meio da *string*, ocorreu no mês de outubro, do ano de 2019, representada no QUADRO 6.

QUADRO 6 – QUANTIDADE DE ARTIGOS POR *STRING* DE BUSCA

| Palavras-chave | Scopus | Web of Science | Science Direct | Total |
|--|-------------|----------------|----------------|-------------|
| ((analise multivariada) OR (analise multicriterio) OR (analise agrupamento) OR (decisão multicritério) OR (decisao multivariada)) AND ((criterio decisao) OR (metodo decisao) OR (localizacao instalacoes)) | 6 | 2 | 0 | 8 |
| ((criterio decisao) OR (metodos decisao) OR (localizacao instalacoes)) AND ((ensino distancia) OR (educacao distancia) OR (aprendizagem eletronica) OR (abertura franquia)) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ((analise multivariada) OR (analise multicriterio) OR (analise agrupamento) OR (decisão multicritério) OR (decisao multivariada)) AND ((ensino distancia) OR (educacao distancia) OR (aprendizagem eletronica) OR (abertura franquia)) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| ((<i>multivariate analysis</i>) OR (<i>multicriteria analysis</i>) OR (<i>cluster analysis</i>) OR (<i>decision multivariate</i>) OR (<i>decision multicriteria</i>)) AND ((<i>decision criteria</i>) OR (<i>decision methods</i>) OR (<i>location of facilities</i>)) | 102 | 127 | 217 | 446 |
| ((<i>decision criteria</i>) OR (<i>decision methods</i>) OR (<i>location of facilities</i>)) AND ((<i>distance learning</i>) OR (<i>distance education</i>) OR (<i>e-learning</i>) OR (<i>franchise opening</i>)) | 1 | 1 | 173 | 175 |
| ((<i>multivariate analysis</i>) OR (<i>multicriteria analysis</i>) OR (<i>cluster analysis</i>) OR (<i>decision multivariate</i>) OR (<i>decision multicriteria</i>)) AND ((<i>distance learning</i>) OR (<i>distance education</i>) OR (<i>e-learning</i>) OR (<i>franchise opening</i>)) | 2 | 2 | 129 | 133 |
| Somatório Geral | 112 | 132 | 519 | 763 |
| Somatório Incluído - CI1 | 9 | 5 | 0 | 14 |
| % Incluído | 8,0% | 3,8% | 0% | 1,8% |

FONTE: A autora (2021)

FIGURA 16 – EXEMPLO DA PRIMEIRA BUSCA DOS ARTIGOS

| | A | B | C | D | E | F |
|---|-----|--------|-------|--|---|---|
| | PC | Base | Ordem | Título | Resumo | Repetição |
| 1 | 1.1 | Scopus | 1 | Métodos multicritério de apoio à decisão no planejamento de construções e reformas de edificações | The multicriteria decision aid contributes to the structuring of the decision-making process by incorporating different concerns. The article presents an exploratory study, through a Systematic Bibliographical Review (RBS), in which the objective was to find publications with the application of multicriteria methods in the planning of constructions and reforms of buildings. The research resulted in 130 relevant cases between 2006 and 2016, in which | Métodos multicritério de apoio à decisão no planejamento de construções e reformas de edificações |
| 2 | 1.1 | Scopus | 2 | Contribuição do Método Multicritério de Apoio à Decisão na Avaliação dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e do Pós-2015 | - | #N/D |
| 3 | 1.1 | Scopus | 3 | Método multicritério de tomada de decisão: Aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento-UPA 24 h | This paper presents the results of applying a multicriteria decision-making method-Analytic Hierarchy Process (AHP) to identify the best location to install an Emergency Unit (UPA 24h), with the participation of professionals involved in the public management of a municipality in the state of Sao Paulo. To this end, workshops with participants were conducted in order to 1) present the AHP; 2) construct, together with the members of the group, the criteria and sub-criteria, and identify alternative locations; 3) validate the model | #N/D |
| 4 | | | | | the presence of energy efficiency indicators based MCDA Multi Criteria Decision Aid as well as build energy efficiency indicators and evaluate the application of the methodology in municipal public schools of Teresina. Also, has as objective to draw up a general formulation | |

FONTE: A autora (2021)

Inicialmente realizou-se o cadastramento dos artigos encontrados, com as informações: palavras-chave, base, ordem, título, resumo, repetição, incluído e excluído, conforme a FIGURA 16.

Realizou-se a execução dos critérios de inclusão e exclusão como:

- 1º passo – CE1: remoção dos artigos duplicados;
- 2º passo – CI1/CE2: leitura do título e resumo do artigo, a fim de verificar a familiaridade com o tema. Os artigos que não se enquadravam no CI1, automaticamente foram excluídos (CE2). Se na análise preliminar houve alguma dúvida com relação ao artigo, este é incluído para que seja verificado posteriormente.
- 3º passo – CI2: seleção e análise detalhada (introdução, metodologia e resultados) dos artigos que apresentam aplicação de um método numérico e/ou análise de agrupamento, conforme os termos de busca definidos, e aplicação prática de tomada de decisão de localização;
- 4º passo – CE4: ao realizar o CI2, deve verificar se o artigo está nos idiomas português e/ou inglês. Caso contrário, este é desconsiderado.

Após a execução dos primeiros critérios de seleção e exclusão, encontrou-se 14 artigos dos quais foram selecionados 9 estudos que estavam de acordo com a ideia central da pesquisa.

Apresentam-se os artigos excluídos, de acordo com o QUADRO 7:

QUADRO 7 – ARTIGOS EXCLUÍDOS – FASE FINAL

| Base | Ano | Autor | Título | Por quê? |
|----------------|------|----------------------------|---|---|
| Scopus | 2014 | Straka, Bindzár e Kaduková | <i>Utilization of the multicriteria decision-making methods for the needs of mining industry</i> | É um artigo que explica o desenvolvimento de <i>software</i> para decisão de localização. |
| Scopus | 2015 | Roa-Escalante et al. | <i>The effects of photovoltaic electricity injection into microgrids: Combination of Geographical Information Systems, multicriteria decision methods and electronic control modeling</i> | O foco do estudo é em cálculo de microrrede. |
| Web of Science | 2016 | Al Gami et al. | <i>A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia</i> | O estudo não é voltado para localização e sim, utilização de energia renovável. |

Continuação

| | | | | |
|----------------|------|--------------------------------|---|--|
| Scopus | 2017 | Mirzazadeh, Hadinejad e Roshan | <i>Investigating utility level of waste disposal methods using multicriteria decision-making techniques (case study: Mazandaran-Iran)</i> | O estudo não aborda localização |
| Web of Science | 2019 | Yuganova | <i>Selection of sites for allocation of waste disposal objects based on the multicriteria decision-making methods</i> | Outra língua, diferente de inglês e português (russo). |

FONTE: A autora (2021)

Já os artigos selecionados são apresentados no QUADRO 8.

QUADRO 8 – ARTIGOS SELECIONADOS – FASE FINAL

| Base | Ano | Autor | Título | Metodologia |
|----------------|------|------------------------------------|--|----------------------|
| Scopus | 2014 | Silva, Alçada-Almeida e Dias | <i>Biogas plants site selection integrating Multicriteria Decision Aid methods and GIS techniques: A case study in a Portuguese region</i> | GIS e ELECTRE TRI |
| Scopus | 2014 | Kaya e Kahraman | <i>A comparison of fuzzy multicriteria decision making methods for intelligent building assessment</i> | AHP e TOPSIS fuzzy |
| Scopus | 2015 | Briozo e Museti | Método multicritério de tomada de decisão: Aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento-UPA 24 h | AHP |
| Web of Science | 2015 | Rojas-Zerpa e Yusta | <i>Application of multicriteria decision methods for electric supply planning in rural and remote areas</i> | AHP e VIKOR |
| Scopus | 2016 | Hosseini, Fuente e Pons | <i>Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas</i> | SWOT e AHP |
| Scopus | 2017 | Brandalise, Pereira e Mello | <i>Aid application multicriteria the decision based on AHP method and Fuzzy Logic in commercial land selection</i> | AHP e Lógica Fuzzy |
| Web of Science | 2017 | Sureshkumar, Sivakumar e Nagarajan | <i>Select of alternative landfill site in Kanchipuram, India by using Gis and multicriteria decision analysis</i> | SIG e AHP |
| Web of Science | 2018 | Çetinkaya, Kabak, Erbas e Özceylan | <i>Evaluation of ecotourism sites: a GIS-based multi-criteria decision analysis</i> | SIG, AHP e PROMETHEE |
| Scopus | 2019 | Chang, Chiu e Wang | <i>Application of Mixed Multicriteria Decision-making Methods to Determine the Optimal Development Industries for the Taoyuan Aerotropolis, Taiwan</i> | Delphi fuzzy e ANP |

FONTE: A autora (2021)

Após a apresentação dos artigos encontrados, QUADRO 8, com as identificações: base, ano de publicação, autores, título e método MCDM,

respectivamente, consolidou-se as informações encontradas no trabalho de Gayer (2021).

Por fim, após a aplicação da sistemática para revisão da literatura e a finalização com a síntese dos 9 artigos selecionados, verificou-se que o assunto estudado tem mais convergência com os métodos: AHP, ANP, ELECTRE e PROMETHEE.

Por mais que não tivesse encontrado algum estudo sobre o tema em questão, utilizou-se a RSL para nortear os primeiros critérios e continuar o estudo.

3.4 DEFINIÇÕES DA PESQUISA

Inicialmente, realizou-se uma visitação no setor responsável pela expansão dos PAPs de uma IES, com sede na cidade de Curitiba. Então, houve uma entrevista informal com o gestor do setor, a qual, segundo Gil (2018, p.96), visa ser uma conversa rápida, objetiva e com coleta de dados. Neste primeiro contato foi possível identificar quais são os critérios consideradas na abertura dos PAPs, sendo elas: acesso ao local, atividades econômicas predominantes na região e concorrência, perfil dos moradores local, custo e infraestrutura.

Desdobrando a entrevista, encontram-se informações relevantes em que a IES se baseia, são as seguintes métricas: a população da região pretendida deve ser acima de 50 mil habitantes; já para a renda média per capita as classes devem estar entre B2 e C2; o nível de instrução tem uma variação de ensino médio completo e graduação incompleta ou completa; o público-alvo tem a faixa etária de 20 a 44 anos.

Essas informações serviram como norteadores para a seleção dos dados e desenvolvimento do programa.

3.4.1 Definição dos Critérios e Subcritérios

Para definir os critérios, utilizou-se a entrevista informação já supracitada na introdução desta seção. Para tanto, os subcritérios, principais características para possíveis locais de implementação dos PAPs, realizou-se uma revisão sistemática na literatura com a finalidade de encontrar algum trabalho

semelhante, entretanto, foram encontrados 9 artigos dos quais abordavam decisão de localização de diversos segmentos. Para que esses critérios fossem selecionados foi necessário validá-los, por meio do método *Delphi*, com os especialistas.

A RSL foi necessária, não somente para entender quais são as aplicações de métodos numéricos voltados para a decisão de localização, mas porque na entrevista não estruturada com uma IES não foram evidenciados critérios suficientes para utilizar na pesquisa, sendo assim, as informações levantadas foram dispostas como dimensões, ou seja, uma forma de organizar os critérios com os subcritérios.

Então, levantou-se a quantidade de critérios e subcritérios utilizados em cada artigo selecionado, que é apresentado no QUADRO 9.

QUADRO 9 – CRITÉRIOS E DIMENSÕES LEVANTADOS DA RSL

| Autores | Método | Critérios | Subcritérios |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| Silva, Alçada-Almeida e Dias | GIS e ELECTRE TRI | 3 | 13 |
| Kaya e Kahraman | AHP e FUZZY TOPSIS | 5 | 27 |
| Briozo e Museti | AHP | 3 | 10 |
| Rojas-Zerpa e Yusta | AHP e VIKOR | 4 | 13 |
| Hosseini, Fuente e Pons | SWOT e AHP | 3 | 5 |
| Brandalise, Pereira e Mello | AHP e <i>Fuzzy Logic</i> | 1 | 6 |
| Sureshkumar, Sivakumar e Nagarajan | GIS e AHP | 1 | 5 |
| Çetinkaya, Kabak, Erbas e Özceylan | SIG, AHP e PROMETHEE | 4 | 14 |
| Chang, Chiu e Wang | Delphi <i>Fuzzy</i> e ANP | 6 | 14 |

FONTE: A autora (2021)

A seleção dos subcritérios ocorreu com estratificação de cada artigo, posteriormente houve a retirada dos fatores semelhantes ou dos que não apresentavam relevância para a pesquisa; este último foi baseado na conversa realizada com o setor de expansão de polos da IES entrevistada no início da pesquisa e no conhecimento adquirido na fundamentação teórica, ou seja, critérios como: distância à rede elétrica e linhas de média tensão, uso de inteligência artificial avançada, distância até a Reserva Agrícola Nacional, eficiência de trabalho e afins. Assim sendo, de um montante com 107 subcritérios foram selecionados 18 para que fossem validados com os especialistas da área.

Incluiu-se o subcritério proximidade com a concorrência a partir da conversa com a IES, esse não foi encontrado na literatura. Portanto, foi único incluído e não encontrado na RSL.

Após essa seleção foi necessário indicar uma unidade de medida para que os especialistas pudessem avaliá-los da melhor maneira. Como os subcritérios são qualitativos, foi indicado como unidade MINIMIZAR e MAXIMIZAR, ou seja, a indicação de MINIMIZAR significa reduzir, diminuir. Exemplo: tal subcritério deve ser/ter MENOR comparado com a instalação do polo. Já MAXIMIZAR indica maior importância, de maior valor. Exemplo: tal subcritério deve ser/ter MAIOR comparado com a instalação do polo, apresentado no QUADRO 10. Para a apresentação aos entrevistados, trocou-se critério por dimensão e subcritério por critério, a fim de não os confundir.

QUADRO 10 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS COM A UNIDADE

| Dimensão | Critério | Unidade |
|---|--|-----------|
| Acesso ao local | Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais; | MINIMIZAR |
| | Congestionamento local; | MAXIMIZAR |
| | Sistema de transporte; | MAXIMIZAR |
| | Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais; | MINIMIZAR |
| Atividades econômicas predominantes na região | Aceitabilidade vizinhança; | MAXIMIZAR |
| | Sistema de colaboração indústria-governo; | MAXIMIZAR |
| | Índice de criação de empregos; | MAXIMIZAR |
| | Condição socioeconômica local; | MAXIMIZAR |
| Concorrência | Proximidade com a concorrência; | MAXIMIZAR |
| Perfil dos moradores da região | Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); | MAXIMIZAR |
| | Qualidade da infraestrutura do local; | MAXIMIZAR |
| | Vulnerabilidade da população/violência local; | MINIMIZAR |
| Custo | Preço do terreno/aluguel; | MINIMIZAR |
| | Custos iniciais, operacionais e de manutenção; | MINIMIZAR |
| Infraestrutura | Documentação; | MINIMIZAR |
| | Funcionalidade, usabilidade e estética; | MAXIMIZAR |
| | Forma do terreno; | MINIMIZAR |
| | Proximidade de locais culturais; | MAXIMIZAR |

FONTE: A autora (2021)

Mesmo com a unidade, disponibilizou-se a descrição dos subcritérios selecionados para auxiliar a validação com os especialistas. Essa descrição foi feita conforme a leitura e compreensão dos artigos, sendo:

- Distância de rodovias, estradas regionais e nacionais - menor distância entre o polo e as rodovias, estradas regionais e nacionais (MINIMIZAR);
- Congestionamento local: trânsito intenso com congestionamentos (MAXIMIZAR);
- Sistema de transporte: rede integrada de transportes, por exemplo, ônibus, metrô, aplicativos etc. (MAXIMIZAR);
- Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais: menor distância dessas áreas (MINIMIZAR);
- Aceitabilidade vizinhança: receptividade da vizinhança (MAXIMIZAR);
- Sistema de colaboração indústria-governo: colaboração entre o Governo e as indústrias (MAXIMIZAR);
- Índice de criação de empregos: estimativa quanto à criação de empregos, diretos e indiretos, no local (MAXIMIZAR);
- Condição socioeconômica local: condição econômica da população local (MAXIMIZAR);
- Proximidade com a concorrência: maior distância da concorrência (MAXIMIZAR);
- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH): índice de desenvolvimento humano do local (MAXIMIZAR);
- Qualidade da infraestrutura do local: eletricidade, água, gás, telefone (MAXIMIZAR);
- Vulnerabilidade da População/Violência Local: vulnerabilidade do local e índice de violência (MINIMIZAR);
- Preço do terreno/aluguel: variabilidade de preço (MINIMIZAR);
- Custos iniciais, operacionais e de manutenção: conhecimento e disponibilidade de investimentos (MINIMIZAR);
- Documentação: possíveis irregularidades com a documentação do local (MINIMIZAR);
- Funcionalidade, usabilidade e estética: acessibilidade ao local, facilidade de uso da estrutura e boa aparência (MAXIMIZAR);
- Forma do terreno: forma geométrica irregular do terreno e possível inclinação (MINIMIZAR);

- Proximidade de locais culturais: estar localizados perto de pontos turísticos (MAXIMIZAR).

Após esse levantamento, criou-se um questionário *on-line* no Google Forms (2021), presente no APÊNDICE 1, e o link foi distribuído via rede social específica para contatos de trabalho. As respostas ao questionário ocorreram no mês de março de 2021.

Os respondentes foram identificados com a nomenclatura “E” seguido da numeração conforme a sequência de resposta, descrito no QUADRO 11. Foram enviadas 49 mensagens pedindo para que os especialistas respondessem ao formulário, destes obtiveram-se 10 respostas.

QUADRO 11 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

| | Cargo ou função presente na rede social | Experiência conforme a rede social |
|-----|---|------------------------------------|
| E1 | Diretor novos negócios | mais de 20 anos |
| E2 | Gestor da área educacional EaD | mais de 10 anos |
| E3 | Diretor de Ensino | mais de 10 anos |
| E4 | Gestor de Polo | mais de 8 anos |
| E5 | Gerente EaD | mais de 10 anos |
| E6 | Gerente de expansão EaD | mais de 10 anos |
| E7 | Diretor Comercial | mais de 10 anos |
| E8 | Professor | mais de 5 anos |
| E9 | Gerente Acadêmico de Ensino Digital | mais de 10 anos |
| E10 | Gestor Executivo Educação | mais de 10 anos |

FONTE: A autora (2021)

Os entrevistados foram selecionados conforme o descritivo presente no seu perfil. Como parâmetro de seleção, cada profissional deveria apresentar conhecimento estratégico em EaD, bem como ter trabalhado com expansão de negócios.

3.4.2 Definição das Alternativas

Inicialmente, desdobrando a entrevista, encontram-se informações relevantes em que a IES se baseia, já mencionadas no item 3.4. Essas informações serviram como limitadores para a seleção dos dados coletados no *site* Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2015), cuja fonte primária é o Censo de 2010 realizado pelo IBGE, então selecionou-se

dessa base as variáveis: população do bairro, número de habitantes com idade entre 15 e 64 anos, valor de rendimento médio por domicílio e alfabetização.

Então, utilizou-se dessas informações para definir as alternativas, possíveis locais de implementação dos PAPs e, para dar mais uma opção ao decisor, pode-se realizar o agrupamento dos bairros da cidade. Essa sugestão se dá porque a população de bairros tem os números estatísticos, apontados nas métricas, com valores próximos. O agrupamento permite que os bairros sejam dispostos em grupos que possuem similaridade/familiaridade.

3.5 ESCOLHA DO MÉTODO

Para resolver esse problema de pesquisa, decidiu-se que o melhor método seria o AHP pelos seguintes motivos:

- O AHP é um método amplamente utilizado na literatura, conforme também encontrado por GAYER (2021);
- Conforme o problema levantado, destaca-se que o objetivo é desenvolver um sistema modelo para auxiliar a tomada de decisão de localização. O foco do trabalho não é indicar precisamente qual local trará o máximo de benefícios por meio do mínimo de intercorrências, mas sim ordenar o local mais promissor em função dos critérios levantados e dos dados estatísticos disponibilizados para o decisor;
- A aplicação promove a consistência das respostas dadas pelo decisor, por meio da matriz de prioridades utilizando cálculos matemáticos. Portanto, o AHP é capaz de interpretar o julgamento do decisor para que o resultado seja o mais próximo ao desejado;
- Encontrou-se modelos com aplicações mistas de outros métodos, entretanto em problemas mais complexos que, de acordo com a limitação da população e problema proposto, não se aplicam à esta pesquisa. Desta forma, entende-se que o AHP pode perfeitamente ser aplicado para o cenário apresentado.

Conforme mencionado por Schmidt (1995), o AHP pode ser usado para estruturar hierarquicamente um problema independente de sua complexidade.

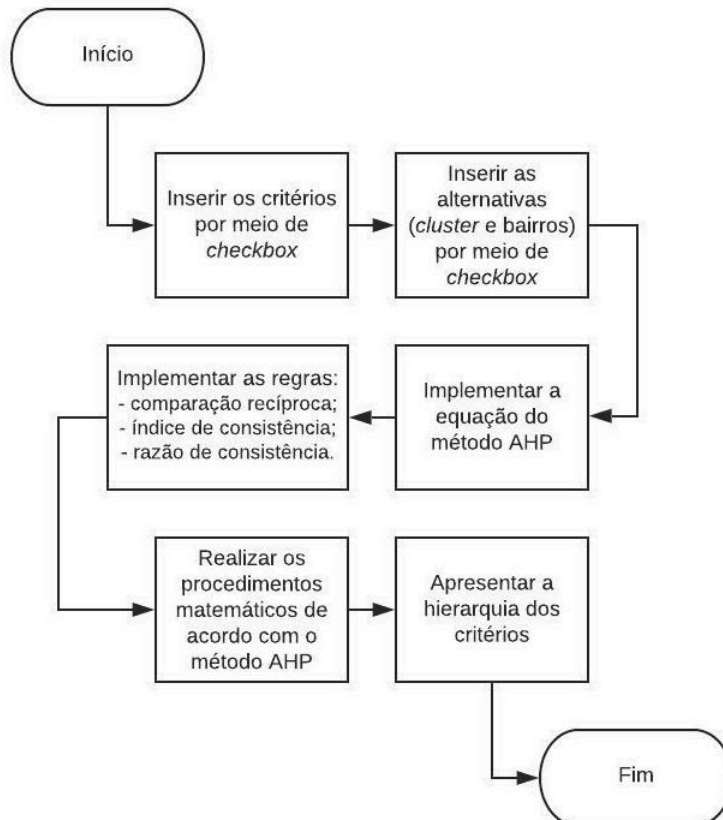
Sua aplicação é flexível porque utiliza tanto a lógica quanto a intuição, além de inserir fatores qualitativos e/ou quantitativos, podendo ser tangíveis ou não.

3.6 PROPOSTA DA APLICAÇÃO

Após a estruturação do problema, encontrar os critérios e as alternativas, e o melhor método para resolver tal situação, elaborou-se uma aplicação *web* que pudesse ser facilmente utilizada. Para isso, escolheu-se as linguagens de programação: JavaScript, CSS e HTML5, e disponibilizou-se o código fonte no *GitHub*, uma plataforma de hospedagem e controle de versão de projetos, com propósito colaborativo. Posteriormente, a aplicação desenvolvida foi implantada no domínio <https://localead.eng.br/>. Esta aplicação ficará hospedada até abril de 2022 no referido domínio.

Basicamente a estrutura idealizada para a aplicação se dá por meio da FIGURA 17:

FIGURA 17 – ESTRUTURA BÁSICA DA APLICAÇÃO WEB



FONTE: A autora (2021)

A escolha pelo desenvolvimento da aplicação se dá pela aderência da pesquisadora com as respectivas linguagens, JavaScript, CSS e HTML5. Além disso, essas linguagens são amplamente utilizadas em plataformas on-line e possuem maior facilidade de navegabilidade e usabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo abordam-se os resultados obtidos durante a pesquisa, como foi realizado o agrupamento das alternativas, a validação dos critérios e o desenvolvimento do aplicativo *web*.

4.1 AGRUPAMENTO DAS ALTERNATIVAS

Para realizar adequadamente o agrupamento dos bairros, os dados referentes às variáveis foram normalizados, ou seja, de acordo com Virmani, Taneja e Malhotra (2015), significa eliminar os dados redundantes para que assim, o algoritmo de agrupamento seja mais eficiente.

Primeiramente, apresentam-se os nomes das variáveis utilizadas para o agrupamento, conforme o QUADRO 12 e seus respectivos valores estão no APÊNDICE 2.

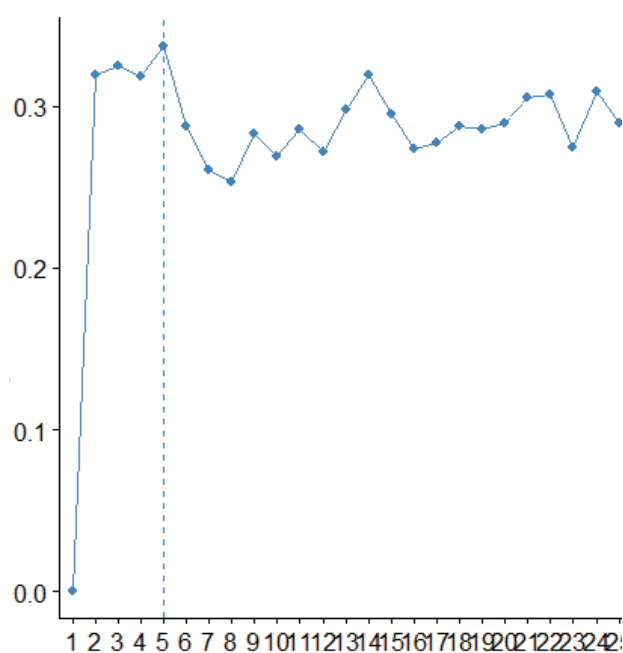
QUADRO 12 – NOMENCLATURA DAS VARIÁVEIS

| | |
|-----|--|
| VP | População total do bairro |
| VD | Densidade demográfica |
| VI | População ativa - idade entre 15 e 64 anos |
| VMD | Valor de rendimento médio por domicílio |
| VA | Taxa de alfabetização do bairro |

FONTE: A autora (2021)

Os dados tabulados foram inseridos no *software* R, para que fosse calculado o número de grupos por meio do algoritmo k-médias, bem como realização do agrupamento dos bairros. A definição do melhor número de grupos foi feita pelo método do coeficiente silhueta, disponível no *software* R.

Neste caso, utilizando os bairros de Curitiba, o cálculo da silhouette sugeriu 5 *clusters*, FIGURA 18. Após, aplicou-se o algoritmo de agrupamento não hierárquico das k-médias, por meio da função *kmeans*, O QUADRO 13 descreve a quantidade de grupos e os respectivos bairros de cada agrupamento, a lista completa está no APÊNDICE 3 e o código utilizado no R no APÊNDICE 4.

FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DOS *CLUSTERS*

FONTE: A autora (2021)

QUADRO 13 – QUANTIDADE DE BAIRRO POR *CLUSTER*

| <i>Cluster</i> | Bairros |
|----------------|--|
| 1 | Alto Boqueirão, Bairro Alto, Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial, Novo Mundo, Pinheirinho, Sítio cercado, Tatuquara, Uberaba e Xaxim. |
| 2 | Alto da Rua XV, Bacacheri, Bom Retiro, Campina do Siqueira, Cascatinha, Centro Cívico, Hugo Lange, Jardim das Américas, Jardim Social, Mercês, Mossunguê, Santo Inácio, São Francisco, São João, São Lourenço, Seminário, Tatumã e Vista Alegre. |
| 3 | Augusta, Butiatuvinha, Cachoeira, Campo do Santana, Caximba, Ganchinho, Lamenha Pequena, Prado Velho, Riveira, São Miguel, Taboão e Umbará. |
| 4 | Água Verde, Ahu, Alto da Glória, Batel, Bigorriho, Cabral, Capão da Imbuia, Centro, Cristo Rei, Juvevê, Portão e Vila Izabel |
| 5 | Abranches, Atuba, Barrerinha, Boa Vista, Campo Comprido, Capão Raso, Fanny, Fazendinha, Guabirota, Guaíra, Hauer, Jardim Botânico, Lindóia, Orleans, Parolin, Pilarzinho, Reboças, Santa Cândida, Santa Felicidade, Santa Quitéria, São Braz e Tingüi. |

FONTE: A autora (2021)

Para facilitar a escolha do decisor, junto ao código do R foi inserido a opção agrupamento do agrupamento, ou seja, caso o decisor queira realizar o agrupamento dentro do *cluster* escolhido, poderá realizar essa ação com o próprio código, APÊNDICE 4, a partir do comentário #Clusterizando novamente.

A aplicação permite que o decisor escolha as alternativas entre os bairros ou por meio do agrupamento, deixando livre a aplicação.

4.2 VALIDAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS

O questionário, para obter a validação dos subcritérios pelos especialistas, a partir do método *Delphi*, utilizou a escala de *Likert* (1 a 5, com 1 sendo menos importante e 5 mais importante) e está no APÊNDICE 1. Calculou-se o consenso excluindo as atribuições 1 e 2 (discordo plenamente e discordo, respectivamente). Então somou-se a quantidade de valores atribuídos entre 3 e 5 e, além disso dividiu-se a somatória pela quantidade de respondentes, no caso 10 entrevistados. Por fim, multiplicou-se por 100 para deixar em porcentagem. Os valores de consenso encontrados na TABELA 2 são:

TABELA 2 – % DE CONSENSO ENTRE OS ENTREVISTADOS

| Identificação | Subcritério | % |
|---------------|---|------|
| C1 | Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais | 70% |
| C2 | Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais | 80% |
| C3 | Vulnerabilidade da população/violência local | 70% |
| C4 | Preço do terreno/aluguel | 70% |
| C5 | Custos iniciais, operacionais e de manutenção | 80% |
| C6 | Documentação | 80% |
| C7 | Forma do terreno | 70% |
| C8 | Congestionamento local | 80% |
| C9 | Sistema de transporte | 90% |
| C10 | Aceitabilidade vizinhança | 60% |
| C11 | Sistema de colaboração indústria-governo | 70% |
| C12 | Índice de criação de empregos | 100% |
| C13 | Condição socioeconômica local | 100% |
| C14 | Proximidade com a concorrência | 90% |
| C15 | Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) | 70% |
| C16 | Qualidade da infraestrutura do local | 80% |
| C17 | Funcionalidade, usabilidade e estética | 80% |
| C18 | Proximidade de locais culturais | 40% |

Na literatura não foi encontrado um indicativo de qual valor é o ideal ou não, ou seja, a escolha do parâmetro fica a escolha do pesquisador. Neste caso,

definiu-se que o consenso deveria ser entre, pelo menos, 70% dos entrevistados. Assim, os subcritérios proximidade de locais culturais e aceitabilidade vizinhança foram excluídos da aplicação. Decidiu-se por não realizar outra rodada entre os entrevistados, pois a própria aplicação dá a oportunidade do decisor incluir algum subcritério que lhe convém.

Decidiu-se também utilizar o método de coeficiente alfa de *Cronbach* para validar a consistência interna do questionário. Utilizando a equação 15, mencionada no capítulo 2, a consistência do questionário apresentou um valor $\alpha = 0,81$, o que significa uma alta consistência. Desta maneira, as respostas do questionário podem ser consideradas válidas.

Quanto à questão aberta foram mencionadas as seguintes sugestões:

- E1: “modelo de oferta (EaD ou semipresencial)”;
- E7: “análise do perfil do *target* do aluno a ser alcançado (público alvo) e densidade demográfica local, além da acessibilidade do local”;
- E9: “avaliação de micro e macro da região em que o PAP será implementado, avaliando fluxo de captação e viabilidade financeira”.

Avaliando o questionário apresentado, responde-se às sugestões de que a pesquisa é somente para o EaD; público - alvo e densidade demográfica estão nos dados do agrupamento e dos bairros, já acessibilidade está no subcritério “funcionalidade, usabilidade e estética”, conforme descrito no próprio questionário; avaliação macro e micro da região e fluxo de captação deixam-se para o consultor da IES, já que este possui expertise no assunto, o modelo serve como auxílio e não tem o poder de decisão. Já viabilidade financeira está no subcritério “funcionalidade, usabilidade e estética” e, assim como o anterior, está descrito no questionário.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Inicialmente, estruturou-se a modelagem do processo de tomada de decisão com os intervenientes – atores, agentes de decisão e o analista – e os componentes definidos como: as alternativas, critérios, subcritérios e tipo de problemática.

Intervenientes:

- atores: instituições de ensino superior;
- agentes de decisão: responsáveis pela expansão dos polos do EaD;
- analista: aplicação web, a qual sistematizará o processo e modelará as preferências apresentadas pelos agentes.

Componentes:

- alternativas: bairros de Curitiba ou agrupamento deles (Abranches; Água Verde; Ahu; Alto Boqueirão; Alto da Glória; Alto da Rua XV; Atuba; Augusta; Bairro Alto; Bacacheri; Barrerinha; Batel; Bigorriho; Boa Vista; Bom Retiro; Boqueirão; Butiatuvinha; Cabral; Cachoeira; Cajuru; Campina do Siqueira ; Campo Comprido; Campo do Santana; Capão da Imbuia; Capão Raso; Cascatinha; Caximba; Centro; Centro Cívico; Cidade Industrial; Cristo Rei; Fanny; Fazendinha; Ganchinho; Guabirota; Guaíra; Hauer; Hugo Lange; Jardim Botânico; Jardim das Américas; Jardim Social; Juvevê; Lamenha Pequena; Lindóia; Mercês; Mossunguê; Novo Mundo; Orleans; Parolin; Pilarzinho; Pinheirinho; Portão; Prado Velho; Rebouças; Riveira; Santa Cândida ; Santa Felicidade; Santa Quitéria; Santo Inácio; São Braz; São Francisco; São João; São Lourenço; São Miguel ; Seminário; Sítio cercado; Taboão; Tarumã; Tatuquara; Tingüi; Uberaba; Umbará; Vila Izabel; Vista Alegre; e Xaxim);

- critérios: retirados da entrevista informal com a IES (Acesso ao local, atividades econômicas predominantes na região e concorrência, perfil dos moradores da região, custo e infraestrutura).

- subcritérios: encontrados na RSL e validados por meio do *Delphi* (distância para rodovias, estradas regionais e nacionais; distância dos centros urbanos, industriais e comerciais; vulnerabilidade da população/violência local; preço do terreno/aluguel; custos iniciais, operacionais e de manutenção; documentação; forma do terreno; congestionamento local; sistema de transporte; aceitabilidade vizinhança; sistema de colaboração indústria-governo; índice de criação de empregos; condição socioeconômica local; proximidade com a concorrência; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); qualidade da infraestrutura do local; e funcionalidade, usabilidade e estética);

- tipo de problemática: problemática de ordenação ($P\gamma$).

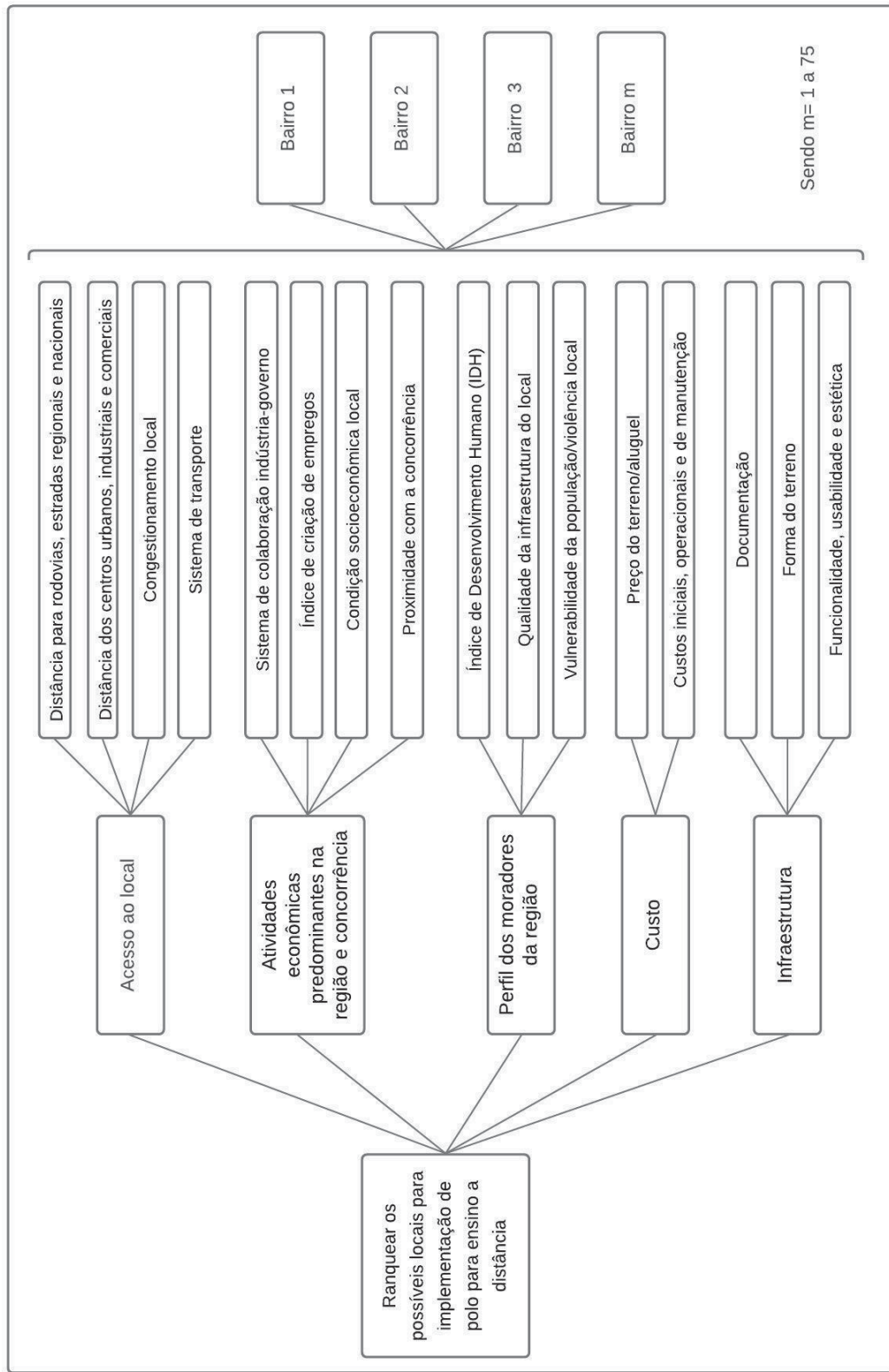
Após essa definição, criou-se a estrutura do problema de acordo com o método escolhido o AHP, representado pela FIGURA 19, que contém:

- Objetivo – ranquear os possíveis locais para de polo para ensino a distância;
- Critérios – representados por 5 macros dimensões;
- Subcritério – representados por 16 parâmetros;
- Alternativas – bairros de Curitiba.

Desta forma, ao disponibilizar o código fonte no *GitHub*, a estrutura da aplicação ficou conforme a FIGURA 20. Essa estrutura segue os seguintes passos:

1. O decisor ou usuário deve escolher quais critérios são interessantes para a tomada de decisão, isso ao selecionar checkbox;
2. Deve-se avaliar os critérios aos pares (prioridades de critérios);
3. Aplica-se a parte matemática do AHP, conforme a regra comparação recíproca e os cálculos de índice de consistência e razão de consistência;
4. Apresenta-se o ranqueamento das alternativas, de acordo com as preferências estipuladas.
5. Escolher os subcritérios, isso ao selecionar checkbox, conforme estratificado de cada critério;
6. Seguindo, escolhe-se as alternativas: ou a opção bairros, ou a opção *cluster*;
7. Deve-se avaliar os subcritérios aos pares (prioridades de critérios);
8. Deve-se avaliar as alternativas selecionadas aos pares, mas por subcritério (prioridades de alternativas locais);
9. Aplica-se a parte matemática do AHP, conforme a regra comparação recíproca e os cálculos de índice de consistência e razão de consistência;
10. Apresenta-se o ranqueamento das alternativas, de acordo com as preferências estipuladas.

FIGURA 19 – APLICAÇÃO DO PROBLEMA NA ESTRUTURA DO AHP



FONTE: A autora (2021)

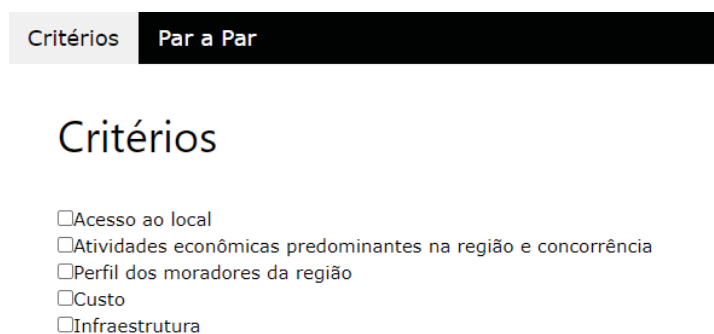
FIGURA 20 – ESTRUTURA DA APLICAÇÃO NO GITHUB



FONTE: A autora (2021)

Para a implementação no domínio, idealizou-se a ferramenta de forma que o decisor ou usuário pudesse escolher até 9 critérios, pois, para amparar as escolhas, utilizou-se o limite cognitivo preconizado pelo AHP (FIGURA 21).

FIGURA 21 – PÁGINA INICIAL DA APLICAÇÃO COM OS CRITÉRIOS



FONTE: A autora (2021)

Após a seleção dos critérios, deve-se analisar aos pares para descobrir qual o peso cada item selecionado representa (FIGURA 22) e assim, obter o ranqueamento (FIGURA 23).

FIGURA 22 - IMAGEM DO JULGAMENTO AOS PARES DOS CRITÉRIOS

Critérios
Par a Par
Ranqueamento

Pressione F11 para sair do modo tela cheia

Critérios

| | Acesso ao local | Atividades econômicas predominantes na região e concorrência | Perfil dos moradores da região | Custo | Infraestrutura |
|--|-----------------|--|--------------------------------|-------|----------------|
| Acesso ao local | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Atividades econômicas predominantes na região e concorrência | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Perfil dos moradores da região | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Custo | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Infraestrutura | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

FONTE: A autora (2021)

FIGURA 23 - IMAGEM DO RANQUEAMENTO DOS CRITÉRIOS

Critérios
Par a Par
Ranqueamento

Ranqueamento

| | Acesso ao local | Atividades econômicas predominantes na região e concorrência | Perfil dos moradores da região | Custo | Infraestrutura | Prioridade |
|-------------------------|-----------------|--|--------------------------------|-------|----------------|------------|
| Pesos prioridade | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | |

FONTE: A autora (2021)

Nesta etapa, o decisor deve escolher os subcritérios sendo que, já se conhece o peso que cada critério possui e o que esse representa. Além disso, para deixar a ferramenta mais flexível, implementou-se uma caixa de texto para que o usuário ou decisor pudesse inserir alguma opção desejada e que não esteja na lista, não houve limitação do número de inserção dessa opção (FIGURA 24).

FIGURA 24 - SELEÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS

| Critérios | Par a Par | Ranqueamento | Subcritérios |
|-----------|-----------|--------------|--------------|
|-----------|-----------|--------------|--------------|

Subcritérios

Acesso ao local

- Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais
- Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais
- Congestionamento local
- Sistema de transporte

Atividades econômicas predominantes na região e concorrência

- Sistema de colaboração indústria-governo
- Índice de criação de empregos
- Condição socioeconômica local
- Proximidade com a concorrência

Perfil dos moradores da região

- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)
- Qualidade da infraestrutura do local
- Vulnerabilidade da população/violência local

Custo

- Preço do terreno/aluguel
- Custos iniciais, operacionais e de manutenção

Infraestrutura

- Documentação
- Forma do terreno
- Funcionalidade, usabilidade e estética

Critério Opcional

FONTE: A autora (2021)

Somente após escolher, no mínimo 3 subcritérios, aparece a aba “alternativas” ao decisor ou usuário, FIGURA 25. Nesta aba, o decisor ou usuário deve escolher entre as opções *cluster* ou bairro. Caso escolha *cluster*, deve-se fazer a submissão do arquivo em .xlsx (planilha eletrônica) gerado no R, conforme o código apresentado no APÊNDICE 4. Caso contrário, pode-se selecionar a opção “Bairro” e escolher no mínimo 3 e no máximo 9 itens.

FIGURA 25 – PÁGINA COM A SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS

| Critérios | Par a Par | Ranqueamento | Subcritérios | Alternativas | Par a Par | Ranqueamento |
|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|

Alternativa

Envie o **.XLSX** para gerar os clusters

Nenhum arquivo selecionado

- Cluster
- Bairro
- Abanches
- Água Verde
- Ahu
- Alto Boqueirão
- Alto da Glória
- Alto da Rua XV
- Atuba
- Augusta
- Bairro Alto
- Bacacheri
- Barrerinha
- Batel
- Bigorrião
- Boa Vista
- Bom Retiro
- Boqueirão
- Butiatuvinha
- Cabral
- Cachoeira
- Cajuru
- Campina do Siqueira
- Campo Comprido
- Campo do Santana
- Capão da Imbuia
- Capão Raso
- Cascatinha
- Caximba
- Centro

FONTE: A autora (2021)

Com isso, a aba “Par a Par” aparecerá para que o decisor possa realizar o julgamento, conforme os subcritérios e alternativas selecionados anteriormente. A FIGURA 26 representa a descrição mencionada, nota-se que a regra de comparação recíproca já aparece para o decisor.

Após a avaliação aos pares dos subcritérios entre si e entre as alternativas, aparecerá a aba “Ranqueamento” para o decisor, na qual encontra-se o ranqueamento das alternativas, de acordo com a FIGURA 27, bem como o peso dos critérios avaliados inicialmente pelo responsável.

Além disso, caso os valores inseridos na comparação aos pares não respeitar os índices de consistência ou a razão de consistência, aparecerá um aviso informando sobre e solicitando a reavaliação.

FIGURA 26 - ETAPA PAR A PAR DOS SUBCRITÉRIOS E ALTERNATIVAS

Crítérios Par a Par Ranqueamento Subcritérios Alternativas Par a Par Ranqueamento

Subcritérios

| | Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais | Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais | Sistema de colaboração indústria-governo | Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) |
|---|---|---|--|--|
| Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Sistema de colaboração indústria-governo | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais

| | Abranches | Água Verde | Ahu |
|------------|-----------|------------|-----|
| Abranches | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Água Verde | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Ahu | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais

| | Abranches | Água Verde | Ahu |
|------------|-----------|------------|-----|
| Abranches | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Água Verde | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Ahu | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

Sistema de colaboração indústria-governo

| | Abranches | Água Verde | Ahu |
|------------|-----------|------------|-----|
| Abranches | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Água Verde | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Ahu | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

| | Abranches | Água Verde | Ahu |
|------------|-----------|------------|-----|
| Abranches | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Água Verde | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |
| Ahu | 1 ▾ | 1 ▾ | 1 ▾ |

FONTE: A autora (2021)

FIGURA 27 - RANQUEAMENTO FINAL DAS ALTERATIVAS

| Critérios | Par a Par | Ranqueamento | Subcritérios | Alternativas | Par a Par | Ranqueamento |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| Clique para exibir os cálculos | | | | | | |
| Ranqueamento | | | | | | |
| | Ranqueamento (%) | | | | | |
| Abranches | 33.333 | | | | | |
| Água Verde | 33.333 | | | | | |
| Ahu | 33.333 | | | | | |

| | Acesso ao local Peso 0.2 | Acesso ao local Peso 0.2 | Atividades econômicas predominantes na região e concorrência Peso 0.2 | Perfil dos moradores da região Peso 0.2 | |
|-----------------------------|--|--|--|--|--------------------|
| | Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais | Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais | Sistema de colaboração indústria-governo | Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) | Prioridade |
| Pesos prioridade | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | |
| Abranches | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 |
| Água Verde | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 |
| Ahu | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 | 0.3333333333333333 |

FONTE: A autora (2021)

Caso o usuário ou decisor retorne para a aba “Critérios”, haverá um aviso de que os dados serão apagados e o processo retornará ao início. Ressalta-se que o código utilizado no R, disponível no APÊNDICE 4, realiza o reagrupamento dos *clusters*, conforme vontade do decisor.

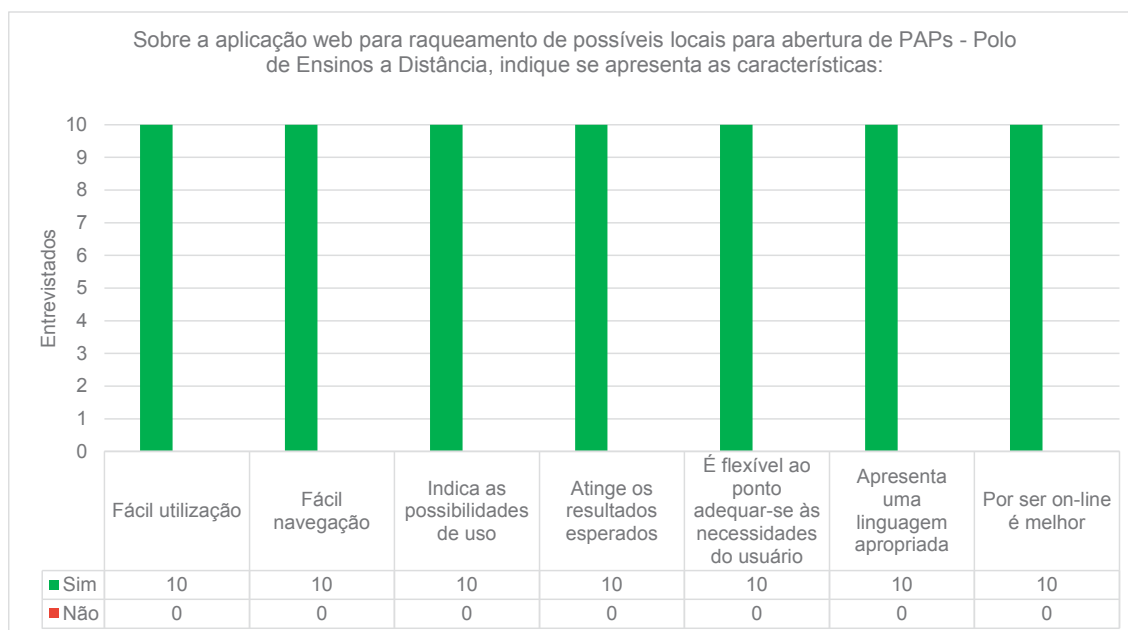
4.3.1 Avaliação da aplicação

Após o desenvolvimento da aplicação, criou-se um outro questionário *on-line* no Google Forms (2021), presente no APÊNDICE 5, para validação da ferramenta. O link foi distribuído via e-mail para entrevistados identificados no QUADRO 11, os quais indicaram os endereços eletrônicos na primeira rodada de validação dos critérios.

As respostas ao questionário ocorreram no mês de agosto de 2021. As respostas são apresentadas no GRÁFICO 2, evidenciando um consenso unânime quanto as características da aplicação, descritas como: fácil utilização, fácil navegação, indica as possibilidades de uso, atinge os resultados esperados,

é flexível ao ponto adequar-se às necessidades do usuário, apresenta uma linguagem apropriada e por ser on-line é melhor.

GRÁFICO 2 - AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO



FONTE: A autora (2021)

No questionário foi disponibilizado um campo para que os entrevistados pudessem inserir comentários sobre sua percepção com relação à aplicação web, descrita como: quais melhorias você sugere para a aplicação? Desta forma, não houve qualquer sugestão ou reclamação por parte dos respondentes.

Como já mencionado, o parâmetro de seleção de cada profissional era de ter conhecimento estratégico em EaD, bem como ter trabalhado com expansão de negócios.

Nota-se que a aplicação *web* desenvolvida está em consonância com o procedimento proposto, bem como com o planejado na metodologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O EaD é uma modalidade de ensino democrática e humana, sua abrangência permite alcançar as pessoas dos lugares mais remotos, dando-lhes oportunidade de acesso à uma educação de qualidade, formativa, e atualizada, bem como suprir a necessidade do mercado local. Permitir a formação ou especialização de profissionais onde uma instituição de ensino superior não consegue se instalar fisicamente, é levar oportunidade às pessoas com limitações, talvez financeiras ou geográficas.

Ora, não se pode esquecer dos profissionais já formados e com uma carreira relativamente estável que decidem estudar a distância para, finalmente, realizar um desejo pessoal e concluir um ensino superior na área desejada há tempos e que, pelos mais diversos motivos, não conseguem frequentar a modalidade presencial.

Então, toda uma estruturação numérica foi empregada para auxiliar a tomada de decisão de polos no EaD. A necessidade de apoiar esse processo, iniciou-se quando o decreto nº 9.057/2017 foi divulgado, juntamente com a Portaria nº 11/2017, com isso percebeu-se a problemática que envolveu a pesquisa. Para tanto, norteou este estudo o seguinte objetivo: aplicar os métodos multicritério e multivariado no apoio à tomada de decisão para determinação de localização de polo para ensino a distância.

Para alcançá-lo, as etapas primordiais foram: limitação da população; revisão sistemática da literatura para verificar qual método poderia auxiliar nesta tomada de decisão. Além disso, a revisão contribuiu para a extração dos subcritérios, os quais foram validados com especialistas da área, de acordo com o método *Delphi*. Como resultado da metodologia utilizada, se desenvolveu uma aplicação *web* e escolheu-se o método AHP nessa, a fim de estruturar a tomada de decisão.

Contudo, identificou-se a oportunidade de utilizar o método multivariado, mais precisamente a análise de agrupamento, a qual permite agrupar os dados com similaridade, essa escolha se deu com o intuito de tornar a aplicação ainda mais assertiva, tendo em vista que se utilizou dados estatísticos como população total do bairro, densidade demográfica, população ativa - idade entre 15 e 64. anos, valor de rendimento médio por domicílio e taxa de alfabetização do bairro.

Outro resultado relevante obtido com a pesquisa, se dá pela metodologia proposta, já que essa pode ser empregada para qualquer aplicação que envolva abertura de novas instalações. A fim de auxiliar na expansão de empresas que necessitam alocar suas marcas.

Espera-se que essa aplicação *web* possa auxiliar as IES, de um modo geral, na tomada de decisão de localização, a fim de expandirem ainda mais seus negócios, para continuarem na prospecção e democratização do ensino superior, seja em áreas remotas ou até mesmo dentro de grandes centros urbanos, oferecendo uma opção para os indivíduos que possuem pouco acesso às instituições.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros elenca-se as seguintes propostas:

- Expandir a base de dados das alternativas visando utilizar dados de outros locais, como bairros do mesmo estado ou fora, nível nacional, bem como para idealizações de polos fora do país;
- Levantar mais critérios e subcritérios, para utilizá-los como sugestão para os decisores;
- Trocar a escala de validação dos critérios, ou seja, ao invés de ser escala de Likert utilizar o método Lawshe;
- Utilizar mais de um método na ordenação das alternativas, podendo ser o PROMETHEE, entretanto deixar o AHP como métrica para os pesos dos critérios;
- Acompanhar a utilização da aplicação e averiguar pontos de melhoria.

REFERÊNCIAS

AL GAMI, H. et al. *A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia*. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 16, p. 137-150, 2016.

ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. Editora Atlas, 2013.

ALVES, J. R. M.; A história da EAD no Brasil. In: LITTO, F. M.; FORMIGA, M. M. M. (org.) **Educação a distância: o estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. p. 9 - 13

ARUEIRA, A. de B. **Aplicação do método AHP para avaliação de transportadores**. 2014. Mestrado. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ASSIS, M. C. de. **Metodologia do trabalho científico**. Polo de Multimídia da UFPB: João Pessoa. 2008. p. 17 – 18. Disponível em: < http://biblioteca.virtual.ufpb.br/files/metodologia_do_trabalho_cientifico_1360073105.pdf > Acesso em: 09 jul 2020

BRANDALISE, N.; PEREIRA, A. S. A.; MELLO, L. C. B. de B. Aid application multicriteria the decision based on AHP Method and Fuzzy Logic in commercial land selection. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 3, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Decreto nº 5.622, de 19 de Dezembro de 2005**. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/dec_5622.pdf Acesso em: 04. out. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Universidade Aberta do Brasil**. Portal Universidade Aberta do Brasil. 2010. Disponível em: < <http://uab.capes.gov.br/>>. Acesso em: 04. out. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 1, de 11 de março de 2016**. Estabelece Diretrizes e Normas Nacionais para a Oferta de Programas e Cursos de Educação Superior na Modalidade a Distância. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=35541-res-cne-ces-001-14032016-pdf&category_slug=marco-2016-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 09 dez. 2019.

BRASIL. **MEC atualiza regulamentação de EaD e amplia a oferta de cursos**. 2017. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/212-noticias/educacao-superior-1690610854/50451-mec-atualiza-regulamentacao-de-ead-e-amplia-a-oferta-de-cursos> > Acesso em: 25. out. 2019

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento–UPA 24 h. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

CASTANHEIRA, N. P. **Modelo para a avaliação da qualidade da educação a distância em ambientes com aulas por televisão, via satélite**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18157/tde-08022012-104925/publico/VanessaRibeiroCampos.pdf> > Acesso em: 24 abr. 2020.

ÇETINKAYA, C. et al. *Evaluation of ecotourism sites: a GIS-based multi-criteria decision analysis*. **Kybernetes**, v. 47, n. 8, p. 1664-1686, 2018.

CHANG, C.; CHIU, Y.; WANG, J. *Application of mixed multicriteria decision-making methods to determine the optimal development industries for the taoyuan Aerotropolis, Taiwan*. **International Regional Science Review**, 2019.

DA SILVA, P. A. GONÇALVES, S. C. Uma análise do perfil do aluno: curso de pedagogia a distância da universidade federal de juiz de fora. **CSONline-Revista Eletrônica de Ciências Sociais**, Juiz de Fora, 2019, n. 28.

DASKIN, M. S. **Network and discrete location: models, algorithms, and applications**. John Wiley & Sons, 2011.

DIANA, J. B. **O polo de apoio presencial e o desenvolvimento socioeconômico: uma leitura do entorno**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://btd.egc.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/06/Juliana-Bordinh%C3%A3oDiana.pdf>>. Acesso em: 08 dez 2019.

DOS SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999. p. 26 – 28

ENSSLIN, L.; BORGERT, A. A gestão de custos no processo decisório das organizações. In: **Anais** do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 1998.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Insular, 2001.

FALBO, R. de A.; Mapeamento sistemático. **Retrieved October**, v. 7, 2018. p. 4. Disponível em: < http://www.inf.ufes.br/~falbo/files/MP/TP/Sobre_MS.pdf > Acesso em: 4 out 2019

FERREIRA, M. M. G. *et al.* Escolha dos métodos de multicritério a tomada de decisão com o auxílio de um sistema especialista formulado a partir de um fluxograma. ***Brazilian Applied Science Review***, v. 2, n. 5, p. 1593-1608, 2018.

GAIO, O.; et al. Polos de apoio à educação a distância: revisão de literatura e nova legislação. In: MOSER, A.; ALENCASTRO, M. S. C.; DOS SANTOS, R. O. (Org.). **Educação e tecnologias: professores e suas práticas**. São Paulo: Artesanato Educacional, 2018. p. 127-132

GASPAR, I. de A.; SHIMOYA, A. Avaliação da confiabilidade de uma pesquisa utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. In: SIMPOSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, Catalão. **Anais [...]**. Góias: Universidade Federal de Goiás, 2017. Disponível em: https://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/ISAAC_DE_ABREU_GASPAR_2_-_email.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

GAYER, J.; et al. ***Investigation of the applications of multicriteria methods in decision-making for location of distance education centers***. In: *26th/27th IJCIEM – International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2020/2021, on-line. Disponível em: < http://www.ijcieom.org/ijcieom/restrito/arquivos/icieom2020/FULL_0006_37472.pdf > Acesso em: 25. abr.2021

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2018. 6 ed. p. 91

GOMES, K. G. A. **Um método multicritério para localização de unidades celulares de intendência da FAB**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GOMES, L. F. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2014. 5ª ed. p. 23, 60 – 69, 91, 274.

Google Forms. Disponível em: < <https://docs.google.com/forms/d/1le0HBWyoalBLZ59VTKsxiyKoBqmAngdL6lr90ltxXws/prefill> > Acesso em: mar 2021

GUIMARÃES, A. R. P. **Agrupamento de dados como instrumento de apoio a estratégias de negócio**. 2019. p. 15-37. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciência da Computação. Universidade Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 5 ed. p. 21 – 24.

HOSSEINI, A.; DE LA FUENTE, A.; PONS, O. *Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas*. ***Journal of Construction Engineering and Management***, v. 142, n. 9, p. 04016036, 2016.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sinopses Estatísticas da Educação Superior 2019**. [on-line]. Brasília: Inep, 2020a. Disponível em: < <http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior> > Acesso em: 27. fev. 2021

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2019: notas estatísticas**. Brasília, 2020b. Disponível em: < https://download.inep.gov.br/educacao_superior/centso_superior/documentos/2020/Notas_Estatisticas_Censo_da_Educacao_Superior_2019.pdf > Acesso em: 27. fev. 2021

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. 2015. **Nosso Bairro**. Disponível em: < https://ippuc.org.br/nossobairro/nosso_bairro.htm > Acesso em: 21 jun 2020

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, 2013. p. 11 - 20

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 4 ed. p. 740 e 755.

KAYA, I.; KAHRAMAN, C. *A comparison of fuzzy multicriteria decision making methods for intelligent building assessment*. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 20, n. 1, p. 59-69, 2014.

KUUSI, O. **Expertise in the Future Use of Generic Technologies**. *Epistemic and Methodological Considerations Concerning Delphi Studies*, HeSe Print, Helsinki, 1999.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. **Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério à decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEÉ**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves (Brasil), 2012.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi method: techniques and applications**, v. 53, 2002.

MACIEL, A. M.; VINHAS, L.; CÂMARA, G. **Algoritmos de clustering para separação de culturas agrícolas e tipos de uso e cobertura da Terra utilizando dados de sensoriamento remoto**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa (Brasil), v. 25, 2015.

MACHADO, E. L; **Modelo de decisão para a priorização de pontes de concreto armado candidatas às atividades de manutenção utilizando métodos multicritérios de tomada de decisão**. 2018. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/59206> > Acesso em: 17 ago 2019.

MADEIRA, J. G. F. **Escolha de ferramenta de apoio à tomada de decisão para escolha de sítio para rejeitos de alta atividade.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://antigo.nuclear.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/2013/Dissertacao_Jonni_Guiller.pdf> Acesso em: 25 abr. 2020

MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução.** Porto Alegre: Bookman, 2019. 4 ed. p. 1 – 15.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2010. 7ª ed. p. 68

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, v. 29, n. 2, p. 389-415, 2018.

MARQUES, M. A. M. **Aplicação da análise multivariada no estudo da infraestrutura dos serviços de saúde dos municípios paranaenses.** 2005. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MASCARENHAS, S. A. Metodologia científica. São Paulo: Pearson, 2012. p. 45 e 47.

MATTE, M. K. **Impacto do uso da desigualdade triangular para acelerar o algoritmo K-Means.** 2020. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Computação). Centro Universitário Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista: São Paulo.

MIRZAZADEH, F.; HADINEJAD, F.; ROSHAN, N. A. *Investigating utility level of waste disposal methods using multicriteria decision-making techniques (case study: Mazandaran-Iran).* **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 1, p. 505-515, 2018.

MOORI, R. G.; MARCONDES, R. C.; ÁVILA, R. T. A análise de agrupamentos como instrumento de apoio à melhoria da qualidade dos serviços aos clientes. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 6, n. 1, jan - abr, p.63-84. 2002.

NEVES, M. R. da S.; VANZELLA, E. Tempo de máquinas paradas numa indústria têxtil: um estudo por meio de análise de agrupamento. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 2, n. 1, jan - jun, p. 56-65. 2017

OLIVEIRA, D.P.R. **Estratégia empresarial e vantagem competitiva: como estabelecer implementar e avaliar.** São Paulo. Atlas, 2001. p. 215-220.

PAULA, A de. **Fatores críticos de sucesso hierarquizados para cursos superiores na modalidade de educação a distância.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

RANDHAWA, S. U.; WEST, T. M. *An integrated approach to facility location problems. Computers & Industrial Engineering*, 29(1-4), 261-265. 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352\(95\)00082-C](http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352(95)00082-C).

ROA-ESCALANTE, G. de J. et al. *The effects of photovoltaic electricity injection into microgrids: combination of geographical information systems, multicriteria decision methods and electronic control modeling. Energy Conversion and management*, v. 96, p. 89-99, 2015.

ROJAS-ZERPA, J. C.; YUSTA, J. *Application of multicriteria decision methods for electric supply planning in rural and remote areas. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 557-571, 2015.

ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Netherland: Kluwer academic publishers, 1996.

SAATY, T. L. *How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9–26, 1990. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-l](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-l)>. Acesso em: 27 abr. 2020

SAATY, T. L. *The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process*. In: Köksalan M., Zionts S. (eds) *Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol 507. Springer, Berlin, Heidelberg. 2001. p. 15-37

SCHMIDT, A. M. A. **Processo de apoio à tomada de decisão abordagens: AHP e Macbeth**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, S.; ALÇADA-ALMEIDA, L.; DIAS, L. C. *Biogas plants site selection integrating Multicriteria Decision Aid methods and GIS techniques: a case study in a Portuguese region. Biomass and Bioenergy*, v. 71, p. 58-68, 2014.

SILVA, R. M. da; BELDERRAIN, M. C. N. **Considerações sobre métodos de decisão multicritério**. Encontro de iniciação científica e pós-graduação do ITA, v. 11, p. 1-7, 2005.

SOTSEK, N. C. **Implantação de um estudo prospectivo: pesquisa-ação no segmento de painéis tipo MDF, no setor madeireiro no estado do Paraná**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

STRAKA, M.; BINDZÁR, P.; KADUKOVÁ, A. *Utilization of the multicriteria decision-making methods for the needs of mining industry. Acta Montanistica Slovaca*, v. 19, n. 4, p. 199-206, 2014.

SURESHKUMAR, M.; SIVAKUMAR, R.; NAGARAJAN, M. *Selection of alternative landfill site in kanchipuram, india by using gis and multicriteria decision analysis. Applied Ecology and Environmental Research*, v. 15, n. 1, p. 627-636, 2017.

TREVISAN, L. F. **Revisão de métodos para análise de agrupamento de dados em data mining**. 2017. (Especialização em Banco de Dados) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

VARGAS, L. G. *An overview of the analytic hierarchy process and its applications*. **European Journal of Operational Research**, v.48, p.2-8, 1990.

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (*Analytic Hierarchy Process – AHP*) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In **PMI Global Congress**, v. 29, p. 31, 2010.

VINCINI, L; SOUZA, A. M. **Análise multivariada: da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005.

VIRMANI, D.; TANEJA, S.; MALHOTRA, G. **Normalization based K means Clustering Algorithm**. arXiv preprint arXiv:1503.00900, 2015.

YUGANOVA, T. I. *Выбор участков для размещения объектов обращения с отходами на основе методов многокритериального принятия решений. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. n. 4, p. 79-93, 2019.

APÊNDICE 1 – IMAGENS DO QUESTIONÁRIO – VALIDAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS



Critérios para tomada de decisão de localização de PAP - Polo de Apoio Presencial

Prezado (a),

Este formulário tem por objetivo avaliar quais critérios são pertinentes para abertura de um Polo de Apoio Presencial para o EaD - Ensino à Distância. Os dados coletados por este instrumento serão utilizados em uma dissertação de mestrado em Engenharia de Produção da UFPR. Estima-se que o tempo de resposta seja de 15 minutos.

Os critérios aqui apresentados foram levantados em uma Revisão Sistemática da Literatura. Para que o estudo possa ter continuidade, é necessário que esses sejam validados por especialistas.

A metodologia deste questionário é chamada Delphi. Esta metodologia é utilizada no apoio para a tomada de decisão, em que a avaliação de um critério é feita pelo julgamento de especialistas no tema em estudo.

As informações pessoais não serão divulgadas, somente a tabulação dos critérios.

Obrigada.

Grupo de pesquisa do PPGE - UFPR.

*Obrigatório

Informações Pessoais para Identificação

As informações pessoais não serão divulgadas, servem para organização dos dados.

Nome: *

Sua resposta

Cargo ou Função: *

Sua resposta

Empresa/Organização: *

Sua resposta

E-mail: *

Sua resposta

Os critérios listados abaixo utilizam a métrica MINIMIZAR. Por favor, leia cada descrição e imagine, a partir da métrica, a sua importância na instalação do polo.

MINIMIZAR - reduzir, diminuir. Exemplo: tal critério deve ser/ter MENOR comparado com a instalação do polo.

Critérios:

- Distância de rodovias, estradas regionais e nacionais - menor distância entre o polo e as rodovias, estradas regionais e nacionais (MINIMIZAR);
- Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais: menor distância dessas áreas (MINIMIZAR);
- Vulnerabilidade da População/Violência Local: vulnerabilidade do local e índice de violência (MINIMIZAR);
- Preço do terreno/aluguel: variabilidade de preço (MINIMIZAR);
- Custos iniciais, operacionais e de manutenção: conhecimento e disponibilidade de investimentos (MINIMIZAR);
- Documentação: possíveis irregularidades com a documentação do local (MINIMIZAR);
- Forma do terreno: forma geométrica irregular do terreno e possível inclinação (MINIMIZAR).

Numa escala de 1 a 5 (com 1 sendo menos importante e 5 mais importante), avalie os critérios a seguir:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vulnerabilidade da população/violência local (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Preço do terreno/aluguel (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Custos iniciais, operacionais e de manutenção (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Documentação (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Forma do terreno (MINIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Os critérios listados abaixo utilizam a métrica MAXIMIZAR. Por favor, leia cada descrição e imagine, a partir da métrica, a sua importância na instalação do polo.

MAXIMIZAR - maior importância, de maior valor. Exemplo: tal critério deve ser/ter MAIOR comparado com a instalação do polo;

Critérios:

- Congestionamento local: trânsito intenso com congestionamentos (MAXIMIZAR);
- Sistema de transporte: rede integrada de transportes, por exemplo, ônibus, metrô, aplicativos etc. (MAXIMIZAR);
- Aceitabilidade vizinhança: receptividade da vizinhança (MAXIMIZAR);
- Sistema de colaboração indústria-governo: colaboração entre o governo e as indústrias (MAXIMIZAR);
- Índice de criação de empregos: estimativa quanto à criação de empregos, diretos e indiretos, no local (MAXIMIZAR);
- Condição socioeconômica local: condição econômica da população local (MAXIMIZAR);
- Proximidade com a concorrência: maior distância da concorrência (MAXIMIZAR);
- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH): índice de desenvolvimento humano do local (MAXIMIZAR);
- Qualidade da infraestrutura do local: eletricidade, água, gás, telefone (MAXIMIZAR);
- Funcionalidade, usabilidade e estética: acessibilidade ao local, facilidade de uso da estrutura e boa aparência (MAXIMIZAR);
- Proximidade de locais culturais: estar localizados perto de pontos turísticos (MAXIMIZAR).

Numa escala de 1 a 5 (com 1 sendo menos importante e 5 mais importante),
avalie os critérios a seguir:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Congestionamento local (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sistema de transporte (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Aceitabilidade vizinhança (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sistema de colaboração indústria-governo (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Índice de criação de empregos (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Condição socioeconômica local (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Proximidade com a concorrência (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Qualidade da infraestrutura do local (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Funcionalidade, usabilidade e estética (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Proximidade de locais culturais (MAXIMIZAR); | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Dentre os critérios apresentados, qual(is) você julgaria mais importante(s)?

Escolha livre.

Muito importante

| | |
|--|--------------------------|
| Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Congestionamento local (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Sistema de transporte (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Aceitabilidade vizinhança (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Sistema de colaboração indústria-governo (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Índice de criação de empregos (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Condição socioeconômica local (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Proximidade com a concorrência (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Qualidade da infraestrutura do local (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Vulnerabilidade da população/violência local (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Preço do terreno/aluguel (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Custos iniciais, operacionais e de manutenção (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Documentação (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Funcionalidade, usabilidade e estética (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Forma do terreno (MINIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |
| Proximidade de locais culturais (MAXIMIZAR); | <input type="checkbox"/> |

Algum critério que você julga essencial e não foi apresentado na listagem? *

Sua resposta

Enviar

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

APÊNDICE 2 – TABELA COM OS DADOS DOS BAIRROS DE CURITIBA

| Bairro | VP | VD | VI | VMD | VA |
|---------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Abranches | 13189 | 30,56 | 9373 | 3294,81 | 0,9629 |
| Água Verde | 51425 | 107,74 | 38947 | 7594,54 | 0,9918 |
| Ahu | 11506 | 62,03 | 8315 | 7561,03 | 0,9913 |
| Alto Boqueirão | 53671 | 44,77 | 38724 | 2370,95 | 0,9664 |
| Alto da Glória | 5548 | 63,37 | 4165 | 6700,78 | 0,9916 |
| Alto da Rua XV | 8531 | 57,43 | 6213 | 6544,17 | 0,9901 |
| Atuba | 15935 | 38,31 | 11567 | 3280,97 | 0,965 |
| Augusta | 6598 | 7,19 | 4532 | 2068,47 | 0,9515 |
| Bairro Alto | 46106 | 64,03 | 33618 | 3034,02 | 0,9682 |
| Bacacheri | 23734 | 33,67 | 17592 | 5762,46 | 0,9873 |
| Barrerinha | 18017 | 49,76 | 13031 | 3128,82 | 0,9751 |
| Batel | 10878 | 62,6 | 7953 | 9815,01 | 0,9952 |
| Bigorriho | 28336 | 97,83 | 21953 | 8312,55 | 0,9926 |
| Boa Vista | 31052 | 59,44 | 22941 | 4148,91 | 0,984 |
| Bom Retiro | 5156 | 27,16 | 3656 | 5748,08 | 0,9897 |
| Boqueirão | 73178 | 49,63 | 52870 | 3006,08 | 0,97 |
| Butiatuvinha | 12876 | 12,33 | 9256 | 3420,06 | 0,9524 |
| Cabral | 13060 | 64,44 | 9863 | 7966,92 | 0,993 |
| Cachoeira | 9314 | 28,91 | 6481 | 2239,1 | 0,9459 |
| Cajuru | 96200 | 81,57 | 68439 | 2418,47 | 0,9536 |
| Campina do Siqueira | 7326 | 43,16 | 5428 | 5893,26 | 0,9843 |
| Campo Comprido | 28816 | 33,62 | 21215 | 4567,77 | 0,9632 |
| Campo do Santana | 26657 | 12,35 | 18076 | 1713,44 | 0,9545 |
| Capão da Imbuia | 20473 | 110,99 | 14910 | 3445,91 | 0,9784 |
| Capão Raso | 36065 | 40,54 | 26216 | 2927,32 | 0,9759 |
| Cascatinha | 2161 | 9,9 | 1574 | 6198,31 | 0,982 |
| Caximba | 2522 | 3,07 | 1679 | 1613,24 | 0,9339 |
| Centro | 37283 | 113,56 | 29399 | 4688,24 | 0,9904 |
| Centro Cívico | 4783 | 50,5 | 3546 | 6645,38 | 0,9931 |
| Cidade Industrial | 172822 | 39 | 123962 | 2163,27 | 0,9566 |
| Cristo Rei | 13795 | 95,34 | 10916 | 6211,52 | 0,9948 |
| Fanny | 8415 | 41,69 | 6199 | 3670,15 | 0,9834 |
| Fazendinha | 28074 | 75,39 | 20414 | 2643,85 | 0,9636 |
| Ganchinho | 11178 | 9,84 | 7456 | 1735,16 | 0,9361 |
| Guabirota | 11461 | 43,18 | 8161 | 4858,8 | 0,982 |
| Guaíra | 14904 | 64,48 | 10677 | 3258,4 | 0,9679 |
| Hauer | 13315 | 33,37 | 9701 | 3486,52 | 0,9806 |
| Hugo Lange | 3392 | 28,64 | 2352 | 8258,53 | 0,9904 |
| Jardim Botânico | 6172 | 22,39 | 4440 | 4697,32 | 0,9734 |
| Jardim das Américas | 15313 | 39,68 | 11280 | 6204,8 | 0,9882 |
| Jardim Social | 5698 | 29,09 | 3865 | 9488,39 | 0,9944 |
| Juvevê | 11582 | 94 | 8485 | 7620,86 | 0,9852 |

| Bairro | Continuação | | | | |
|------------------|-------------|--------|-------|---------|--------|
| | VP | VD | VI | VMD | VA |
| Lamenha Pequena | 1056 | 3,14 | 715 | 2218,32 | 0,9296 |
| Lindóia | 8584 | 72,64 | 6174 | 2693,9 | 0,9655 |
| Mercês | 12907 | 35,92 | 9314 | 5718,98 | 0,9902 |
| Mossunguê | 9664 | 28,72 | 7189 | 9326,09 | 0,9842 |
| Novo Mundo | 44063 | 74,07 | 32357 | 3318,86 | 0,9707 |
| Orleans | 8105 | 15,82 | 5862 | 3716,16 | 0,9697 |
| Parolin | 11554 | 51,16 | 7777 | 3320,32 | 0,9434 |
| Pilarzinho | 28480 | 40,09 | 20544 | 3494,45 | 0,9707 |
| Pinheirinho | 50401 | 47,94 | 36274 | 2340,63 | 0,9605 |
| Portão | 42662 | 72,82 | 32026 | 4693,69 | 0,9867 |
| Prado Velho | 6077 | 24,97 | 4198 | 1873,4 | 0,9029 |
| Rebouças | 14888 | 50,19 | 11544 | 4867,64 | 0,9896 |
| Riveira | 289 | 1,19 | 211 | 2109,09 | 0,9373 |
| Santa Cândida | 32808 | 32,19 | 23821 | 2856,25 | 0,9663 |
| Santa Felicidade | 31572 | 25,93 | 22968 | 4590,33 | 0,9754 |
| Santa Quitéria | 12075 | 57,39 | 8548 | 4083,37 | 0,9659 |
| Santo Inácio | 6494 | 19,34 | 4800 | 5074,82 | 0,9827 |
| São Braz | 23559 | 46,56 | 17088 | 3761,41 | 0,9705 |
| São Francisco | 6130 | 45,26 | 4620 | 5163,41 | 0,9912 |
| São João | 3253 | 10,72 | 2353 | 5139,76 | 0,9642 |
| São Lourenço | 6276 | 27,59 | 4566 | 7244 | 0,9878 |
| São Miguel | 4773 | 6,33 | 3252 | 1653,45 | 0,924 |
| Seminário | 6851 | 32,26 | 4963 | 8182,1 | 0,9892 |
| Sítio cercado | 115525 | 103,15 | 82913 | 2013,62 | 0,9556 |
| Taboão | 3396 | 18,58 | 2465 | 3611,39 | 0,959 |
| Tarumã | 8072 | 19,36 | 5912 | 6009,7 | 0,9776 |
| Tatuquara | 52780 | 46,98 | 36154 | 1657,3 | 0,9385 |
| Tingüi | 12319 | 57,26 | 9024 | 3572,32 | 0,9803 |
| Uberaba | 72056 | 50,71 | 51312 | 3050,27 | 0,9649 |
| Umbará | 18730 | 8,34 | 13094 | 2169,14 | 0,9563 |
| Vila Izabel | 11610 | 95,43 | 8836 | 5777,34 | 0,9885 |
| Vista Alegre | 11199 | 30,28 | 7941 | 5615,11 | 0,9813 |
| Xaxim | 57182 | 62,94 | 41396 | 2889,51 | 0,9693 |

FONTE: IPPUC, 2015

Legenda:

| | |
|-----|--|
| VP | População total do bairro |
| VD | Densidade demográfica |
| VI | População ativa - idade entre 15 e 64 anos |
| VMD | Valor de rendimento médio por domicílio |
| VA | Taxa de alfabetização do bairro |

APÊNDICE 3 – QUADRO DOS BAIRROS COM OS CLUSTERS

| | | Continuação | |
|---------------------|---------|---------------------|---------|
| Bairro | Cluster | Bairro | Cluster |
| Abranches | 5 | Jardim Botânico | 5 |
| Água Verde | 4 | Jardim das Américas | 2 |
| Ahu | 4 | Jardim Social | 2 |
| Alto Boqueirão | 1 | Juvevê | 4 |
| Alto da Glória | 4 | Lamenha Pequena | 3 |
| Alto da Rua XV | 2 | Lindóia | 5 |
| Atuba | 5 | Mercês | 2 |
| Augusta | 3 | Mossunguê | 2 |
| Bairro Alto | 1 | Novo Mundo | 1 |
| Bacacheri | 2 | Orleans | 5 |
| Barrerinha | 5 | Parolin | 5 |
| Batel | 4 | Pilarzinho | 5 |
| Bigorriho | 4 | Pinheirinho | 1 |
| Boa Vista | 5 | Portão | 4 |
| Bom Retiro | 2 | Prado Velho | 3 |
| Boqueirão | 1 | Rebouças | 5 |
| Butiatuvinha | 3 | Riveira | 3 |
| Cabral | 4 | Santa Cândida | 5 |
| Cachoeira | 3 | Santa Felicidade | 5 |
| Cajuru | 1 | Santa Quitéria | 5 |
| Campina do Siqueira | 2 | Santo Inácio | 2 |
| Campo Comprido | 5 | São Braz | 5 |
| Campo do Santana | 3 | São Francisco | 2 |
| Capão da Imbuia | 4 | São João | 2 |
| Capão Raso | 5 | São Lourenço | 2 |
| Cascatinha | 2 | São Miguel | 3 |
| Caximba | 3 | Seminário | 2 |
| Centro | 4 | Sítio cercado | 1 |
| Centro Cívico | 2 | Taboão | 3 |
| Cidade Industrial | 1 | Tarumã | 2 |
| Cristo Rei | 4 | Tatuquara | 1 |
| Fanny | 5 | Tingüi | 5 |
| Fazendinha | 5 | Uberaba | 1 |
| Ganchinho | 3 | Umbará | 3 |
| Guabirota | 5 | Vila Izabel | 4 |
| Guaíra | 5 | Vista Alegre | 2 |
| Hauer | 5 | Xaxim | 1 |
| Hugo Lange | 2 | | |

APÊNDICE 4 – CÓDIGO DO AGRUPAMENTO NO R

```

library(xlsx)
library(cluster)
library(FactoMineR)
library(factoextra)

#selecionando o diretorio com as bases
#setwd(choose.dir())
#getwd()
#list.files()

#Importando a base
dados_bairros <- read.xlsx(choose.files(),
                          sheetIndex = 1,
                          as.data.frame = T,
                          header = T,
                          encoding = "UTF-8")

#Visualizar a base importada
#View(dados_bairros)
#Tirar a coluna nome
dados <- dados_bairros [, -1]

#Aplicando a normalização na base de dados
dados <- as.data.frame(lapply(dados, function(x){
  (x - min(x))/(max(x)-min(x))
}))

#Incluir no nome dos bairros
rownames(dados) <- dados_bairros [, 1]

#Definir a melhor quantidade de clusters
fviz_nbclust(dados, kmeans, method = "silhouette", k.max=nrow(dados)-1)

#Escolher a quantidade de cluster pelo silhoueta
c <- which.max(unlist(fviz_nbclust(dados, kmeans, method = "silhouette", k.max=nrow(dados)-
1)$data[2]))

#Gerar o k-means
dados_kmeans <- kmeans (dados,c)

#Visualizar o grafico
fviz_cluster(dados_kmeans, data = dados)

#Inserir número de clusters na última coluna
dados_bairros$cluster <- dados_kmeans$cluster

#Tabela com a quantidade de cada cluster
table(dados_bairros$cluster)

#Exportar Tabela em excel - Primeira rodada de clusterização
write.xlsx (dados_bairros, file = "cluster.xlsx")

#Clusterizando novamente
#Visualizar a tabela
table(dados_bairros$cluster)

#Criar uma coluna com os números de clusters da primeira passada

```

```
dados$cluster<-dados_kmeans$cluster

#Definir o cluster para filtrar
x<-1

#Filtrar na base com scala (matriz) o número do cluster (segunda passada)
dados_cluster<-dados[dados$cluster==x,]
dados_cluster<-dados_cluster[,-6]

#Definir o número de cluster (segundo silhoueta)
c1<-which.max(unlist(fviz_nbclust(dados_cluster, kmeans, method =
"silhouette",k.max=nrow(dados_cluster)-1)$data[2]))

#Filtrar a base importada (passo1) com somente os bairros definidos no cluster
dados_bairrosx<-dados_bairros[dados_bairros$cluster==x,]

#clusterizar considerando a base com filtro
dados_kmeansx <- kmeans (dados_cluster,c1)

#Indica os clusters da segunda passada.
dados_bairrosx$cluster<-dados_kmeansx$cluster

#Tabela com a quantidade de cada cluster
table(dados_bairrosx$cluster)

#Importa os dados
write.xlsx (dados_bairrosx, file = "cluster1.xlsx")
```

APÊNDICE 5 – IMAGENS DO QUESTIONÁRIO – VALIDAÇÃO DA APLICAÇÃO



Aplicação para auxílio à tomada de decisão de localização de PAP - Polo de Apoio Presencial

Hoje apresento-lhe a aplicação web desenvolvida no projeto: <https://localead.eng.br/>
É uma aplicação fácil e intuitiva. Novamente, gostaria de pedir que avaliasse e me contasse a sua opinião sobre ela. Para isso, criei esse formulário

Você precisa:

- Selecionar os critérios, que julga importante – existe a opção de adicionar um critério que achar necessário estar ali e não encontrou na lista;
- Ir até a aba "Alternativas" e escolher uma das opções cluster (significa agrupamento dos dados demográficos dos bairros de Curitiba, conforme a similaridade – está no arquivo anexado ao e-mail) ou bairros;
- Ir até a aba Par a Par, avaliar cada critério por critério (aos pares) e critério por alternativa (aos pares) utilizando os valores de 1 a 9 (escala fundamental – 1 mesma importância e 9 importância absoluta);
*Não se preocupe se os valores não estiverem corretos. O sistema avaliará o índice de consistência.

- Acessar a aba Ranqueamento e analisar o resultado.

Mais uma vez, sua ajuda é fundamental para conclusão do meu projeto. Agradeço imensamente a sua ajuda.

Até mais!

Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer

Informações Pessoais para Identificação

As informações pessoais não serão divulgadas, servem para organização dos dados.

Nome: *

Sua resposta

Empresa/Organização: *

Sua resposta

E-mail: *

Sua resposta

Sobre a aplicação web para raqueamento de possíveis locais para abertura de PAPs - Polo de Ensinos a Distância, indique se apresenta as características:

| | Sim | Não |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Fácil utilização | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fácil navegação | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Indica as possibilidades de uso | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Atinge os resultados esperados | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| É flexível ao ponto adequar-se às necessidades do usuário | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Apresenta uma linguagem apropriada | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Por ser on-line é melhor | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Quais melhorias você sugere para a aplicação?

Sua resposta

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários