LIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
João Pessoa - PB, 3 a 5 de novembro de 2021

PROPOSTA DE MODELO MATEMÁTICO MULTICRITÉRIO DISCRETO PARA O APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DO SERVIÇO DE ATENDIMENTO DE OCORRÊNCIAS

Letiane Borges Pereira
Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Av. Itália, s/n - km 8 - Carreiros, Rio Grande - RS
letianebpereira14@gmail.com

Andre Andrade Longaray
Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Av. Itália, s/n - km 8 - Carreiros, Rio Grande - RS
andrelongaray@gmail.com

RESUMO

Este artigo propõe desenvolver um modelo matemático multicritério discreto para o apoio à decisão na gestão dos serviços de atendimento a ocorrências prestados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande de Sul à população, a partir de estudo de caso realizado no 3° Batalhão de Bombeiros Militar, localizado na cidade de Rio Grande. Dentre os principais resultados, destaca-se a construção de um modelo multicritério discreto, o qual emprega escalas de medida de funções de valor, agregadas por uma equação global de avaliação e construída por função objetivo de critério único de síntese. Desse modo, o modelo elaborado permitiu ao decisor e aos gestores do 3° Batalhão de Bombeiros Militar avaliar e identificar possibilidades de melhoria no serviço de atendimento de ocorrências tanto em critérios isolados, quanto em clusters. Permitiu, também, a simulação de possíveis ações potenciais e seus perfis de impacto no modelo (pontuação de ação potencial).

PALAVRAS CHAVE. Métodos Multicritérios, Apoio à Decisão, Corpo de Bombeiros Militar.

Tópicos (indique, em ordem de PRIORIDADE, o(s) tópicos(s) de seu artigo)

ABSTRACT

This article proposes to develop a discreet multicriteria mathematical model to support decision-making in the management of services to respond to events provided by the Military Fire Brigade of the State of Rio Grande de Sul to the population, based on a case study conducted in the 3rd Battalion of Military Firefighters, located in the city of Rio Grande. Among the main results, the construction of a discrete multicriteria model stands out, which uses scales to measure value functions, aggregated by a global assessment equation and constructed by objective function of a single synthesis criterion. Thus, the elaborated model allowed the decision maker and the managers of the 3rd Military Fire Brigade to evaluate and identify possibilities for improvement in the occurrence service, both in isolated criteria and in clusters. It also allowed the simulation of possible potential actions and their impact profiles on the model (potential action score).

KEYWORDS. Multicriteria Methods, Decision Support Systems, Military Fire Brigade.

Paper topics (indicate in order of PRIORITY the paper topic(s))

1. Introdução

Inicialmente, cabe mencionar que os Corpos de Bombeiros Militares são corporações cuja principal missão consiste na execução de atividades de defesa civil, prevenção, combate a incêndios, buscas, salvamentos e socorros públicos no âmbito de suas respectivas Unidades Federativas. Logo, é inevitável pensar em "Bombeiros" sem associá-los a "incêndio", apesar da vasta gama de atividades desenvolvidas por eles. Para além disso, a busca pelos serviços dos bombeiros, neste caso, é uma característica instintiva do ser humano, visto que os danos causados por acidentes envolvendo fogo podem ser, muitas vezes, irreversíveis ou até mesmo fatais. Por esse motivo, o atendimento prestado pelo Corpo de Bombeiros e seu tempo de resposta (tempo compreendido entre o instante em que o serviço de socorro é solicitado e que esse chega até o local solicitado da ocorrência) é um fator que pode fazer toda a diferença.

De acordo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as agências de serviço emergencial procuraram estabelecer uma meta para que o tempo de resposta não ultrapassasse 8 minutos em 90% das ocorrências. Assim, esse limite é determinado com base em uma pesquisa da OMS, a qual demonstra que pacientes com traumas, graves socorridos em tempos inferiores a 8 minutos, tinham chances melhores de sobreviver [Markovchick et al., 2011]. No entanto, o tempo de resposta à emergência pode variar em função da realidade de cada país, cidade ou região. Ainda, a utilização massiva de veículos automotivos sobrecarrega as vias de acesso rápido, impedindo a agilidade e a flexibilidade do deslocamento dos veículos de emergência até a população. Certamente, a preocupação com incêndios é tão antiga quanto a própria vida social nas diferentes culturas. Quanto aos incêndios, sabe-se que são mais comuns durante o período de seca e podem ocorrer naturalmente, assunto discutido atualmente no mundo todo por causar grandes danos ambientais e, consequentemente, ao ser humano.

Por isso, é de suma importância o trabalho com operações de resposta eficientes em centros urbanos e rurais, dado que a atuação do corpo de bombeiros está pautada na prestação dos serviços de prevenção, proteção, socorro e salvamentos. Nesse sentido, esses profissionais sempre atendem eficiente e agilmente, atuando integradamente com os órgãos do Sistema de Defesa Social e visando a melhoria da qualidade de vida e o exercício pleno da cidadania.

Sendo assim, os serviços emergenciais, possuem características diferenciadas, que necessitam de constante avaliações, para isso existem diversos métodos capazes de satisfazer essa demanda. Nesse cenário insere-se a metodologia multicritério, a partir de uma visão construtivista, com o objetivo de desenvolver um modelo matemático multicritério discreto, uma ferramenta de apoio à decisão.

Portanto, este trabalho pretende desenvolver um modelo para melhorar o atendimento das chamadas de ocorrências do Terceiro Batalhão de Bombeiros Militar (3° BBM), utilizando a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), proporcionando um maior grau de conformidade e coerência entre a evolução de um processo decisório e os sistemas de valor, buscando soluções e atendendo às necessidades daqueles envolvidos nesse processo.

2. Métodos Multicritérios

O desenvolvimento dos modelos multicritérios, ao longo da história, sustentou-se sob a orientação de duas escolas: a vertente de Apoio à Decisão, com os denominados Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA - Multicriteria Decision Aid), oriunda da Escola Européia e caracterizada pelo paradigma científico do construtivismo; e a Escola Americana, norteada para a Tomada de Decisão, usando-se de Métodos Multicritério de Tomada de Decisão (MCDM - Multicritetia Decision Making), reconhecida pela adoção do paradigma científico do racionalismo. Conforme explanado por [Bana e Costa, 1993], pode-se constatar que a diferença entre a Tomada de

Decisão (MCDM) e o Apoio à Decisão (MCDA) se fundamenta na forma de abordar a subjetividade, em sua relação com a visão racionalista e a visão construtivista, respectivamente, ou seja, na medida de incorporação dos valores dos atores nos modelos de avaliação.

De acordo com [Longaray e Ensslin, 2015], em diversas áreas, é possível aplicar os métodos multicritério de apoio à decisão, objetivando à seleção, à ordenação, à classificação e à descrição de alternativas inclusas em um processo decisório na presença de múltiplos critérios quantitativos e qualitativos. Em [Belton e Stewart, 2002] apud [Longaray et al., 2016], os métodos multicritério são definidos como "técnicas científicas que oferecem suporte ao processo de tomada de decisão que possui uma diversidade de indicadores em situações complexas".

Desse modo, os métodos multicritérios de tomada de decisão surgiram como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes [Brans e Mareschal, 2005]. De acordo com [Longaray et al., 2016], os métodos multicritérios são vastamente encontrados na literatura, dentre os quais se destacam os seguintes: AHP – Analytic Hierarchical Process, desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970; MACBETH – Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, desenvolvido por [Bana e Costa e Vansnick, 1995]; TOPSIS – Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution, desenvolvido por [Hwang et al., 1993]; o conjunto de variações do método ELECTRE (I, II, III, IV, IS e TRI) – Elimination et Choix Traduisant la réalité, desenvolvido por Bernard Roy na década de (1960); PROMETHEE – Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations, desenvolvido por [Brans et al., 1986].

No presente estudo, optou-se por utilizar o Método Matemático MACBETH por três motivos. O primeiro, por ser considerado apropriado devido ao tipo de problemática construtivista e suas vantagens em relação ao julgamento, que faz uso de julgamentos qualitativos para diferenciar atratividades e geração de pontuações para as opções e ponderações (taxas de substituição) de diferentes critérios, através de programação matemática. Também pelo caráter compensatório, que auxilia em decisões que envolvem trade-offs, o mau desempenho de um cenário em um dado critério pode ser compensado pelo seu bom desempenho em outro critério e/ou vice-versa. Por último, faz a verificação de inconsistência de forma automática e instantânea junto ao julgamento do decisor envolvido, evitando assim, a construção de juízos de valores inconsistentes e taxas de substituições errôneas na percepção do decisor.

3. Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C)

As metodologias voltadas ao Apoio à Decisão, nas quais se enquadram as metodologias multicritérios, adotam o construtivismo como paradigma científico, ao contrário das metodologias voltadas à tomada de decisão, que seguem o paradigma racionalista. Em síntese, a preocupação mais relevante para os pesquisadores de MCDA-C é a construção do conhecimento no decisor, ou seja, a assunção de uma lógica de pesquisa construtivista, enquanto as metodologias da MCDA tradicionais assumem uma lógica de pesquisa racionalista. Ademais, o conhecimento aprofundado sobre as diferenças entre a Metodologia MCDA-C e as Metodologias MCDA tradicionais podem ser encontradas em [Ensslin et al., 2010].

Com relação à Metodologia MCDA-C, tem-se sua consolidação como instrumento científico de gestão a partir da década de 1980, com os trabalhos de [Roy, 1996] e [Landry, 1995] na definição dos limites da objetividade para os processos de apoio à decisão, de [Skinner, 1986] e [Keeney, 1992] no reconhecimento de que os atributos (objetivos, critérios) são específicos ao decisor em cada contexto e [Bana e Costa, 1993] na explicitação das convicções da MCDA [Ensslin et al., 2010]. Para tanto, a Metodologia MCDA-C é uma abordagem oriunda da escola europeia de decisão [Roy, 2005], baseando-se no construtivismo para proporcionar entendimento e aprendizado

sobre o contexto decisório e em métodos de agregação matemática de critérios por subordinação de síntese para transformar julgamentos qualitativos em quantitativos e sintetizar a multiplicidade de critérios na forma de uma equação geral [Roy, 2005].

Para [Tasca et al., 2010], o processo utilizado pela MCDA-C é híbrido quanto à lógica da pesquisa, ou seja, indutivo e dedutivo: indutivo, pois o resultado da pesquisa não é previsível e a construção do modelo foi possibilitada a partir das percepções dos atores envolvidos; e dedutivo, pois, na fase de avaliação do modelo desenvolvido, existe uma resposta para sua validação de pesquisa e a pretensão de confirmá-la.

4. Proposição do Modelo Multicritério

Para operacionalizar o processo de apoio à decisão com o emprego da Metodologia MCDA-C como instrumento de intervenção no processo de construção do modelo de avaliação de desempenho, na contribuição para o gerenciamento do serviço de atendimento a ocorrências do 3º Batalhão de Bombeiros Militar, objeto do estudo de caso, deve seguir três fases: fase de estruturação, fase de avaliação e fase da elaboração das recomendações.

4.1. Fase de estruturação

A etapa de estruturação trata-se da formulação do problema que busca identificar, caracterizar e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão. Ela deve ocorrer de forma interativa e dinâmica, proporcionando o debate e aprendizado [Bana e Costa, 1993]. Essa fase é dividida em três etapas: contextualização, famílias de pontos de vista e construção dos descritores.

4.1.1. Contextualização

O objeto de estudo desta pesquisa é o 3ºBBM localizado no litoral sul do Estado, com sua sede localizada no município de Rio Grande, desde 03 de fevereiro de 1913 (108 anos), tem como área de atuação os seguintes municípios: Rio Grande, São José do Norte, Santa Vitória do Palmar, Chuí, Pelotas, Arroio do Padre, Canguçu, Capão do Leão, Cerrito, Pedro Osório, Piratini, Pinheiro Machado, Pedras Altas, Morro Redondo, Santana da Boa Vista, Jaguarão, Arroio Grande, Herval, São Lourenço do Sul e Turuçu, abrangendo 830 mil habitantes, totalizando aproximadamente 13,5% da população gaúcha.

Ficou decidido que o decisor seria o Oficial, devido ao seu conhecimento e responsabilidade pela gestão de ocorrências do 3º Batalhão de Bombeiros Militar. Os demais profissionais do batalhão dos bombeiros participaram como intervenientes. A autora desta pesquisa atuou como facilitadora. A população, a quem o serviço é prestado, foi caracterizada como agidos do apoio à decisão, ou seja, aqueles atores que não atuam na decisão, mas são afetados direta ou indiretamente pelos resultados dela. Dentro dessa categoria estão incluidos instalações comerciais, industriais, públicas e edifícios residenciais, que devem possuir plano de prevenção e proteção contra incêndio.

Após a identificação dos atores, determina-se o rótulo para o problema, contendo o objetivo do trabalho. Buscou-se compreender como a unidade opera de forma geral, por meio do documento que contém o Planejamento Estratégico do 3º Batalhão de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul, que foi utilizado para a coleta de dados.

De acordo com o Planejamento Estratégico, o Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul (CBMRS) é uma instituição permanente e regular, organizada com base na hierarquia e na disciplina, competindo-lhe a prevenção, a proteção e o combate a incêndios, as buscas e salvamentos e as atividades de proteção e defesa civil. Estrutura-se em órgãos de direção, de apoio e de execução, vinculado administrativa e operacionalmente à Secretaria de Segurança Pública. Com base nisso, definiu-se o rótulo como: ”Indicadores de proteção, salvamentos prevenção e combate a incêndios”.

Definido o rótulo, pode-se prosseguir com a construção da familia de pontos de vista. Ela foi realizada por meio de novas reuniões junto ao decisor e análise do documento do plano estratégico disponibilizado para estudo.

4.1.2. Família de Pontos de Vista

Foram identificados, através de entrevistas semiestruturadas com o decisor, os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), os quais fazem parte da família de pontos de vista. Esses EPAs, são aspectos do contexto considerados importantes pelo decisor que representam preocupações estratégicas similares. Eles são agrupadas por Áreas de Preocupação e partir disso, é formada a Estrutura Hierárquica de Valor com os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs).

Nesse contexto, o resultado desta etapa resultou em 29 EPAs, que já foram distribuídos em três Áreas de Preocupação (dimensões) : (i) Gestão; (ii) Atendimento a emergências; (iii) Localização.

Para um melhor entendimento, essas dimensões estão explicadas de forma sucinta a seguir:

I - Área de preocupação dimensão Gestão: Compreende as atividades que dão suporte à atuação, gerenciamento das atividades e à proteção e segurança, incluindo aplicação da legislação.

II - Área de preocupação dimensão Atendimento a emergências: Compreende as atividades operacionais de mobilização para o atendimento às ocorrências, emergências e desastres, combate à incêndios, busca e salvamento e defesa civil, qualificação para o desempenho das funções, conscientização da sociedade e atividades de proteção.

III - Área de preocupação dimensão Localização:Compreende as atividades que incluem a estruturação da instituição, o acesso da população aos serviços prestados, a influência da localização das unidades operacionais na qualidade do atendimento, rotas trajetos e trânsito da realização das ocorrências.

Após definidas as áreas de preocupação juntamente com os elementos primários de avaliação, o próximo passo é a elaboração dos critérios chamados de PVFs, que ajudaram a fazer a transição do conhecimento gerado para uma estrutura, que representa, em forma de árvore, as dimensões que se pretende avaliar. Destaca-se, na figura 5.2 a seguir, os PVFs da estrutura.

Foram definidos, no total, 22 Pontos de Vista. Esses PVFs representam o nível estratégico do modelo, não podendo ser mensurados. Portanto, fez-se necessário decompor de forma contínua cada cluster a fim de se obter um Ponto de Vista Elementar (PVE), que pudesse ser mensurado de forma objetiva e não ambígua.

Assim, a Estrutura Hierárquica de Valor (EHV), é composta pelos Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), por meio dos quais, utilizando-se a lógica de decomposição, obtiveram-se os Pontos de Vista Elementares (PVEs), esses critérios foram formados a partir do material coletado em entrevistas com o decisor e de forma documental.

4.1.3. Construção dos Descritores

Finalizando a elaboração da Estrutura Hierárquica de Valor, tem-se a construção dos descritores, ou escalas ordinais, que têm o intuito de mensurar cada ponto de vista. Os descritores são indicadores de desempenho formados a partir dos PVEs que medem o impacto das ações. Esses desempenhos podem ser julgados como: (i) comprometedor; (ii) competitivo; e (iii) de excelência [Longaray e Ensslin, 2015].

A construção dos descritores é finalizada quando o decisor estabelece os níveis Neutro e Bom (níveis de referência) que sinalizam o desempenho, por ele, considerado como mínimo aceitável sem penalizações e o nível estabelecido como meta, respectivamente [Ensslin et al., 2000]. Esse procedimento determina os níveis possíveis de impacto das ações potenciais em cada critério,

identificando ações com desempenho satisfatório (nível bom) e as ações com o desempenho mínimo aceitável (nível neutro), no processo de tomada de decisão.

Nesse sentido, abaixo do ponto de referência neutro, considera-se que o desempenho é comprometedor. Entre os pontos de referência neutro e bom, considera-se um desempenho competitivo. E acima do ponto de referência neutro, considera-se que o desempenho é excelente [Longaray et al., 2016].

Sessenta descritores foram criados para o modelo multicritério deste estudo. A primeira fase do MCDA foi concluída após todos os descritores terem sido criados. Com isso, pode-se traçar o perfil de desempenho, ou seja, identificar o *status quo* da ação ou do contexto que se pretende avaliar [Bortoluzzi et al., 2010].

4.2. Fase de avaliação

Após a coleta e organização das informações referentes às percepções, valores e expectativas do decisor, procedeu-se à Fase de Avaliação do modelo. Esta fase consiste, primeiro, na transformação das escalas ordinais construídas em escalas cardinais.

Tal transformação é feita com a identificação da intensidade de preferência do decisor – nível de atratividade – com relação à passagem de desempenho de um nível da escala para outro nível imediatamente inferior [Bana e Costa et al., 2016; Ensslin et al., 2011; Bortoluzzi et al., 2011; Ensslin et al., 2000; Longaray et al., 2019].

A transformação das escalas qualitativas em quantitativas, com base no nível de atratividade percebido pelo decisor, foi feita por meio do software MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Technique), proposto por [Bana e Costa, 1995] e utilizado nos estudos de [Ensslin et al., 2000] e [Longaray et al., 2019].

A origem do nome MACBETH decorre do uso das categorias semânticas de diferença de atratividade: “Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique” (medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias).

Em uma perspectiva matemática, o Método MACBETH é constituído por quatro problemas de minimização (Mc) de programação linear (PPL), resolvidos sequencialmente [Bana e Costa e Vansnick, 1995]. Esses quatro problemas de programação linear (PPLs) sequenciais subjacentes garantem a análise de consistência cardinal e a construção da escala de valor cardinal. Além disso, elas trazem eventuais fontes de inconsistência.

O Método MACBETH utiliza os julgamentos semânticos dos decisores para, por meio de modelos de Programação Linear, determinar a função de valor que melhor represente tais julgamentos. O facilitador solicita que o decisor informe, para certo descritor, a atratividade na passagem de um nível a para um nível b, optando por uma das categorias semânticas da seguinte escala: nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema [Bana e Costa e Vansnick, 1995]. Repetindo esse processo para todos os pares de níveis de desempenho do descritor, obtém-se a Matriz de Julgamentos.

Com a utilização do método MACBETH, será construído a expressão dos julgamentos por meio de função de valor e a determinação das taxas de substituição, para num momento posterior agregar todos os critérios em uma fórmula de critério único de síntese, que conforma o modelo como um todo.

A fase de avaliação então é composta por 4 etapas: elaboração das funções de valor, identificação das taxas de substituição, avaliação global e perfil de impacto da situação atual.

4.2.1. Funções de Valor

Matematicamente, uma função de valor $v : D \rightarrow R$ deve observar três condições, tais ações devem ser observadas entre todos os pares de ações potenciais (níveis de impacto).

Sejam quatro ações potenciais a, b, c, d, e pertencentes ao conjunto A de ações viáveis:

1. *v(a)> v(b)* se, para o decisor, *a* é mais atrativa que *b (a P b).*

2. *v(a)=v(e)* se e somente se, para o avaliador, a é indiferente e *(a I e).*

3. *v(a)-v(b)>v(c)-v(d)* se e somente se, para o avaliador, a diferença de atratividade entre a e b é maior que a diferença de atratividade entre *c* e *d*.

O processo de interação utilizada no Método MACBETH, faz uso desse procedimento que consiste em questionar os decisores para que expressem verbalmente a diferença de atratividade entre duas potenciais *a* e *b* (com *a* mais atrativa que *b*), solicitando que os decisores expressem com palavras a intensidade de preferência de uma ação sobre a outra, assim, seja duas alternativas do modelo, o decisor deve comparar as opções e informar se é indiferente (nula) ou se a diferença é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema.

Com a construção da função de valor, o modelo de apoio à decisão permite avaliar apenas a performance das ações em cada critério localmente. Para a avaliação global das ações portanto, leva-se em consideração todos os critérios simultaneamente, a fim de determinar mais um conjunto de parâmetros do modelo.

Após a introdução da descrição de todas as escalas nominais, de seus níveis de impacto e da ancoragem dos níveis bom e neutro com o auxílio do MACBETH, iniciou-se o procedimento de identificação das preferências de atratividade locais do modelo de apoio à decisão. Foram enviadas planilhas dinâmicas, juntamente com vídeos tutoriais ao decisor para a obtenção das funções de valor dos 60 descritores do modelo.

Assim, por meio de planilhas dinâmicas enviadas ao decisor, utilizando matrizes formadas com níveis de desempenho dos descritores de cada Ponto de Vista Elementar, o decisor pôde julgar a diferença de atratividade entre as alternativas, julgando-as em pares. As respostas do decisor para a comparação entre todos os níveis da escala permitiram o preenchimento completo da matriz de julgamentos semânticos, podendo ser assim calculada as funções de valores.

4.2.2. Taxas de substituição

Tendo definido os critérios de um modelo, o decisor pode agregar as informações locais para melhor comparar as alternativas disponíveis, ou seja, obter uma avaliação global. Para que seja possível esta agregação é necessário um conjunto de parâmetros associados aos critérios: suas taxas de substuição.

De acordo [Ensslin et al., 2001], taxas de substituição são como constantes de escala que transformam valores locais de preferência (avaliados em cada critério) em valores globais. Dessa forma, cada critério é representado por uma taxa de substituição, a qual é a importância relativa que um descritor tem em relação aos demais, comparando-os através dos níveis de referência bom e neutro. Em uma definição mais formal, segundo [Bana e Costa, 1995], “taxas de substituição são fatores de escalarização”.

As taxas de substituição, também denominadas pesos, são parâmetros de uma situação num determinado momento que, de acordo com o juízo de valor do decisão, relaciona-se às importâncias dos pontos de vistas. Desta forma, cada critério é representado por uma taxa de substituição que é a importância relativa de cada critério considerada pelo decisor [Ensslin et al., 2001]. Em outras palavras, taxas de substituição são comparações realizadas entre os agrupamentos das funções de valor (de duas ou mais escalas), com parâmetros de maior ou igual importância.

No que tange à determinação das taxas de substituição do modelo, foi utilizado o método de pontuação direta (Direct Rating). Trata-se de um método em que dado um conjunto de opções, por meio das quais o decisor é questionado a determinar quais opções são mais atrativas em comparação com as demais.

Para adquirir os pesos, foi criada uma planilha para o decisor julgar os respectivos níveis desde a Área de Preocupação, PVFs até os PVEs. Para o preenchimento desta planilha, o decisor pontuou cada critério, de acordo com sua perspectiva do que considera mais e menos importante em relação à gestão, atendimento e localização , sendo que a soma dos critérios resultou em 100 pontos para cada nível. A expressão numérica, foi obtida por meio do preenchimento de uma planilha Excel.

Com a determinação das escalas de preferências locais dos critérios e das taxas de substituição entre esses critérios, é possível proceder à transformação do modelo de múltiplos critérios em um modelo de critério único (avaliação global) [Bana e Costa e de Corte, 2005].

4.3. Avaliação global

O objetivo da avaliação global é transformar um modelo que tenha múltiplos critérios em um modelo de critério único. Isso permite o cálculo da pontuação geral de uma ação potencial em relação às demais ações concorrentes. Para isso utiliza-se a fórmula de agregação aditiva [Bana e Costa, 1993; Ensslin et al., 2001].

A avaliação global é realizada por meio da integração das escalas cardinais dos descritores, que é possibilitada pelas taxas de substituição atribuídas a cada ponto de vista. O valor global de uma ação. O último passo da etapa de avaliação diz respeito à agregação de todos os critérios do modelo em um único critério geral, que é realizada em duas fases [Bana e Costa, 1993]. Na primeira fase é feita a agregação dos valores parciais de uma ação em um critério isolado (PVF) e seus subcritérios (i) por meio da Equação (1):

$$V_{PVF_k}(a) = \sum_{i=1}^{n_k} W_{i,k}.\nu_{i,k}(a) \tag{1}$$

Em que:
• $V_{PVFk}(a)$: valor global da ação *a* do PVFk, para k = 1, . . . , m;
• v i,k *(a)*: valor parcial da ação *a* no critério i, i = 1, ..., n, do PVF_k;
• a: nível de impacto da ação a;
• $w_{i,k}$: taxas de substituição do critério i,para$i = 1, ..., n$, doPVF_k;
• n_k : número de critérios doPVF_k.
• m : número de critérios do modelo.

Desse modo, empregando-se a Equação (4.1) é possível obter as fórmulas de agregação para cada uma das áreas de preocupação da estrutura hierárquica de valores do modelo. Na segunda etapa, procede-se a soma ponderada dos valores parciais obtidos por meio da Equação (1). A ponderação é feita aplicando as taxas de substituição de cada critério na Equação (2):

$$V(a) = \sum_{i}^{n} v_i(a).w_i \tag{2}$$

Em que:
• V*(a)*: valor global da ação a.
• v_i*(a)* : valor parcial da ação a no i-ésimo critério com i $= 1, 2, ..., n$.
• w_i : Peso ou Taxa de Substituição do i-ésimo critério com i $= 1, 2, ..., n$.
• n: número de critérios do modelo.

A fórmula de agregação aditiva fornece a soma ponderada dos valores obtidos por uma determinada ação "a" nos diversos critérios, sendo essa ponderação realizada pelas taxas de substituição em cada um dos critérios [Ensslin et al., 2001].

Em seguida, procedidas as agregações das áreas de preocupações, que incorporam os critérios, subcritérios e descritores do modelo, pode-se agregar a performance de uma ação (a) em uma performance única *V(a)* usando a Equação (2), é possível obter a fórmula global do modelo de apoio à decisão.

A partir da fórmula global, obtida através da agregação das áreas de preocupação, pode-se observar o impacto de cada área de preocupação no desempenho global e, a partir disso, avaliar e priorizar ações de aperfeiçoamento. Essa etapa é chamada de diagnóstico da situação atual (*staus quo*).

4.3.1. Perfil de impacto (Status Quo)

Assim que o modelo de avaliação global tiver estabelecido, pode ser usado para analisar o impacto de ações potenciais com base no impacto perfil estabelecido para identificar a contribuição de cada critério.

Os níveis de impacto são ordenados em termos de preferência para possibilitar a comparação entre os descritores. No trabalho, identificou-se como níveis de referência "Bom"(desempenho Satisfatório) e "Neutro"(desempenho Competitivo), aqueles acima de "Bom"foram considerados (Exelente) e abaixo do nível "neutro"de desempenho (Comprometedor).

A pontuação global do modelo foi de 60,43 pontos. As pontuações por área de preocupação foram: 19,10 para a área 1 Gestão, 29,43 para a área 2 Atendimento a emergências e 11,9 para a área 3 Localização.

Essa etapa possibilitou a expansão do conhecimento a respeito da situação atual, assim como a contribuição de cada critério para o modelo, de forma a identificar aqueles com maior impacto no desempenho global.

4.4. Fase de recomendações

Na última fase da Metologia MCDA, a fase de recomendações, é possível verificar, quais ações de melhoria são determinadas para melhorar o desempenho das atividades que têm desempenho abaixo do esperado pelos tomadores de decisão.

Nessa fase, a partir da identificação do *status quo* do modelo, são analisados os critérios que terão preferência para a implementação da melhoria. A estratégia utilizada chama-se análise vertical: que identifica os descritores que apresentam um nível de desempenho comprometedor, verificando a contribuição global ao desempenho do modelo.

Observou-se 7 descritores em nível comprometedor, bem distribuídos, sendo 2 pertencentes a área de preocupação Gestão, 3 a área de preocupação Atendimento a emergências e 2 a área Localização.

Em outra análise mais específica, percebe-se que mais da metade dos PVEs com nível de desempenho Excelente, pertencem a área de preocupação 2 Atendimento a emergências, ponto positivo já que essa área contribui 40% no modelo. Já com nível de desempenho Satisfatório 10 de 14 PVEs pertencem a área de preocupação 1 Gestão que contribui 35% no modelo. Por último identifica-se que a maioria dos PVEs da área 3 Localização que representa 30% no modelo, tiveram nível de desempenho Competitivo.

Constata-se que a maior preocupação do decisor é em relação ao número de profissionais, número de projetos de preservação, capacidade dos postos de atendimento, melhoramento das vias de acesso dos postos, necessidade de alocação dos mesmos, confirmando assim as dificuldades

encontradas na infraestrutura, e falta de realização de estudos de tráfego de trânsito próximo as instalações.

Desse modo, dois critérios relacionados ao número de profissionais foram avaliados pelo decisor como insuficientes, tanto o número de profissionais capacitados para atender no plantão, quanto número de profissionais atuando diretamente nas ocorrências, responsáveis pela saúde e bem estar da população. Esse critério é avaliado como importante não só a população, mas também porque trata-se de uma jornada exaustiva, com sobrecarga física e emocional que exige disciplina dos militares.

Outro fator avaliado abaixo do esperado pelo decisor, diz respeito a criação de projetos socioambientais, com compromisso de contribuir para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Esse critério é avaliado como importante pois, trabalhando em conjunto com os seus integrantes, comunidade local e a sociedade em geral, melhora a qualidade de vida da população.

As condições dos postos de atendimento também tiveram uma avaliação negativa no modelo, três critérios relacionados aos postos tiveram desempenho comprometedor. O primeiro diz respeito a capacidade dos postos, essa avaliação indica priorização e identificação de intervenções para melhorias no ambiente ou nas condições de trabalho. O segundo fala do planejamento organizacional do acesso das viaturas de bombeiros nas instalações, como estacionamentos adequados, sinalização identificando a entra e saída dos bombeiros, entre outros, tornando o atendimento mais rápido e ágil sem complicações. E o terceiro, ressalta a importância de verificar a necessidade de alocação das unidades operacionais do 3º Batalhão de Bombeiros Militar, perceber quais bairros necessitam de uma atenção maior pelo número de ocorrências ou por outros fatores sociais.

Por último, o critério relacionado ao tráfego de veículos, destaca a importância de mensurar os estudo realizados sobre o trânsito da cidade próximo as instalações, pois a localização dos postos em centros urbanos pode dificultar o atendimento rápido das chamadas de emergência devido a congestionamentos, onde os bombeiros enfrentam dificuldades no deslocamento até a ocorrência por causa do trânsito intenso.

Com o atendimento do plano de ação proposto para os 7 descritores e a alteração dos demais indicadores no nível atual, objetiva-se que a avaliação global evolua de 60,43 pontos para 84,74 pontos, correspondendo a um aumento de 24,31 pontos.

Concluindo, essa etapa possibilitou a identificação de pontos fortes e pontos fracos do modelo, de forma a sugerir melhorias, planejando em nível estratégico metas para aperfeiçoar as áreas de preocupação com desempenhos que podem ser melhorados.

5. Conclusão

O objetivo principal do estudo foi a construção de um Modelo Multicritério, sob a ótica construtivista, no qual os atores do processo decisório necessitam identificar o que é relevante e o que não é relevante no contexto em que está inserido. A partir dessa identificação, torna-se possível organizar e aprender como o processo de gestão pode ser aperfeiçoado no atendimento das chamadas de emergências no 3º Batalhão de Bombeiros Militar.

O estudo iniciou a estruturação do modelo a partir da contextualização do cenário, da definição dos atores e do rótulo. O trabalho complementou-se com os levantamentos dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs), desenhou-se as áreas de preocupação e desenvolveu os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs).

Posteriormente, realizou-se a avaliação em três momentos, sendo que, no primeiro, construíram-se as funções de valor para cada descritor com o auxílio do Método MACBETH. Na sequência, as taxas de substituição também foram constituídas para as áreas de preocupação, bem

como pontos de vista fundamentais para, então, alcançar a equação global do modelo em um segundo momento.

Por último, seus perfis de impacto foram identificados. Ao fim das duas primeiras etapas da aplicação da MCDA-C, arrolaram-se dados e análises sobre o contexto dos descritores. Chegou-se ao nível em que o *status quo* do modelo estava devidamente mapeado, concebendo um ambiente propício para aperfeiçoamentos. Nesse ponto, formularam-se as recomendações, as quais, supostamente, levarão os avaliados do nível global atual a um nível desejado.

Tal metodologia utilizada, permitiu que o decisor adquirisse um maior conhecimento sobre o seu problema, identificando oportunidades de melhorias no processo. Ela serviu de base para gerar ações que possibilitem um apoio às decisões referentes à priorização de projetos. Isso ocorre para que os investimentos sejam realizados de uma forma estruturada, qualificando o serviço prestado.

Enfim, estudos futuros são sugeridos, incluindo a exploração de outros pontos específicos buscando abranger um número maior de bases de dados e realizando uma apreciação mais completa em relação ao uso da técnica de meta-síntese e a aplicabilidade em diversos problemas como um importante instrumento de apoio à tomada de decisão. Seria interessante, também, que o mesmo contexto fosse avaliado por outros atores que não os decisores, fornecendo maiores subsídios no desenvolvimento do modelo.

Referências

Bana e Costa, C. (1993). Três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. *Pesquisa Operacional*, 13(1):9–20.

Bana e Costa, C. (1995). O que entender por tomada de decisão multicritério ou multiobjetivo. *Florianópolis: ENE-Escola de Novos Empreendedores da UFSC*.

Bana e Costa, C. e de Corte, J., J.M.and Vansnick (2005). *On the Mathematical Foundation of MACBETH*, p. 409–437. Springer New York, New York, NY. ISBN 978-0-387-23081-8. URL https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_10.

Bana e Costa, C., de Corte, J., e Vansnick, J. (2016). *On the mathematical foundations of MACBETH*, p. 421–463. Springer New York, New York, NY.

Bana e Costa, C. e Vansnick, J. (1995). Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal:macbeth. *Investigação Operacional*, 15:15–35.

Belton, V. e Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.

Bortoluzzi, S., Ensslin, S., e Ensslin, L. (2010). Construção de um modelo de avaliação de desempenho para a gestão financeira de uma empresa de informática. *CAP-Accounting and Management*, 4(4):12–22.

Bortoluzzi, S., Ensslin, S., e Ensslin, L. (2011). Avaliação de desempenho multicritério como apoio à gestão de empresas: aplicação em uma empresa de serviços. *Gestão & Produção*, 18(3): 633–650.

Brans, J. e Mareschal, B. (2005). Multiple criteria decision analysis–state of the art. *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ANP. International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(5-8):787–803.

Brans, J., Vincke, P., e Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The promethee method. *European journal of operational research*, 24(2):228–238.

Ensslin, L., Dutra, A., e Ensslin, S. (2000). Mcda: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. *International transactions in operational Research*, 7(1):79–100.

Ensslin, L., Giffhorn, E., Ensslin, S., Petri, S. M., e Vianna, W. B. (2010). Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. *Pesquisa Operacional*, 30(1):125–152.

Ensslin, L., Neto, G. M., e Noronha, S. M. (2001). *Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Insular.

Ensslin, L., Queiroz, S., Grzebieluckas, C., Ensslin, S., Nickel, E., Buson, M. A., e Balbim Junior, A. (2011). Identification of costumers needs in the products development process: An innovative proposal illustrated for the automotive industry. *Production*, 21(4):555–569.

Hwang, C.-L., Lai, Y.-J., e Liu, T.-Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & operations research*, 20(8):889–899.

Keeney, R. L. (1992). Value-focused thinking: a path to creative decision making. *Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts*.

Landry, M. (1995). A note on the concept of'problem'. *Organization studies*, 16(2):315–343.

Longaray, A. e Ensslin, L. (2015). Use of multi-criteria decision aid to evaluate the performance of trade marketing activities of a brazilian industry. *Management and Organizational Studies*.

Longaray, A., Ensslin, L., Dutra, A., Ensslin, S., Brasil, R., e Munhoz, P. (2019). Using mcda-c to assess the organizational performance of industries operating at brazilian maritime port terminals. *Operations research perspectives*, 6:100109.

Longaray, A., Munhoz, P., Tondolo, V., e Quadro, R. (2016). Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura. *Exacta*, 14(4): 609–618.

Markovchick, V., Pons, P., e Bakes, K. (2011). Emergency medicine. *Missouri: Mosby Elsevier*.

Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, volume 12. Springer Science & Business Media.

Roy, B. (2005). Paradigms and challenges. In *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, p. 3–24. Springer.

Skinner, W. (1986). The productivity paradox. *Management Review*, 75(9):41–45.

Tasca, J., Ensslin, L., Ensslin, S., e Alves, M. (2010). An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, 34 (7):631–655.