

Aplicativo Computacional baseado em Metodologia Multicritério para Respostas Eficazes em Emergências: Unindo Ciência e Mobilidade

Dalvana Lopes Ribeiro¹, André Andrade Longaray²

¹Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional / FURG, Rio Grande - RS, Brasil (lopesribeirodalvana20@gmail.com)

²Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional / FURG, Rio Grande - RS, Brasil (andrelongaray@gmail.com)

Resumo: Este trabalho apresenta um aplicativo que utiliza um método multicritério para a seleção de equipes e rotas em emergências. Ao unir a robustez científica do método com a tecnologia avançada dos smartphones, busca-se maximizar a eficiência das operações. Essa integração permite respostas mais rápidas e precisas, aumentando a segurança em situações críticas e evidenciando o potencial dos dispositivos móveis na gestão de emergências, oferecendo uma ferramenta prática para os decisores.

Palavras-chave: Métodos Multicritérios; ELECTRE II; Dart; Resposta a emergências; Mobilidade.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a frequência e a intensidade de desastres naturais têm aumentado significativamente em todo o mundo. Fenômenos como deslizamentos, terremotos, enchentes, incêndios florestais e secas extremas têm causado destruição em larga escala, resultando em perdas humanas, econômicas e ambientais. Nesses cenários, a gestão e a resposta a emergências são aspectos críticos para garantir a segurança pública (FIROOZABADI et al, 2017).

O sucesso das fases de gestão de crises, depende principalmente da disponibilidade de equipes eficientes e informações oportunas para tomar decisões informadas (AL-ZUBI, 2023). Conforme DWARAKANATH et al (2021), é fundamental equipar a linha de frente e as equipes com as ferramentas e conhecimentos necessários sobre como lidar com desastres. Nesse processo, ciência e a tecnologia desempenham um papel muito importante.

A ciência e a tecnologia ocupam uma posição de destaque na compreensão e gestão dos desastres naturais, oferecendo ferramentas e conhecimentos que são essenciais para a atenuação de seus impactos. Enquanto a pesquisa científica contribui na busca pelo entendimento das causas e dinâmicas desses fenômenos, os avanços tecnológicos permitiram aumentar nossa capacidade de nos preparar, responder e nos recuperar das consequências de tais desastres (ABDALZAHAR; ELSAYED, 2019). Com isso, a sinergia entre ciência e tecnologia não apenas fortalece a capacidade de proteção e preparação da sociedade, mas também promove uma resiliência duradoura frente aos desafios impostos pelos desastres

naturais, refletindo o compromisso contínuo com a salvaguarda do bem-estar humano e ambiental.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um aplicativo baseado em um método multicritério para a seleção de equipes e rotas de suporte a emergências. Aliando a ciência da abordagem multicritério na tomada de decisão com a tecnologia dos smartphones, é possível aproveitar o seu potencial para garantir segurança e proteção de maneira mais eficaz.

A abordagem multicritério permite considerar diversos fatores simultaneamente na avaliação de riscos e na definição de estratégias de resposta, enquanto a tecnologia dos smartphones oferece uma plataforma acessível para a coleta e disseminação de informações em tempo real. A integração dessas duas áreas pode contribuir com a capacidade de resposta a emergências, proporcionando instruções claras e coordenadas, além de facilitar a comunicação entre as equipes. Dessa forma, a combinação da análise multicritério com as funcionalidades avançadas dos smartphones potencializa a eficácia das medidas de segurança e proteção, contribuindo para a resiliência e bem-estar das comunidades.

MATERIAL E MÉTODOS

METODOLOGIAS MULTICRITÉRIO

As Metodologias Multicritério de Tomada e Apoio à Decisão (MCDM/A) são metodologias usadas para avaliar e selecionar entre várias alternativas, levando em consideração múltiplos critérios que podem ser conflitantes. Esta abordagem é amplamente utilizada em situações complexas onde decisões precisam ser feitas com base em diversos fatores, como em

gerenciamento de desastres, planejamento urbano, escolha de investimentos, entre outros. A Figura 1 mostra os principais passos da abordagem MCDM/A.

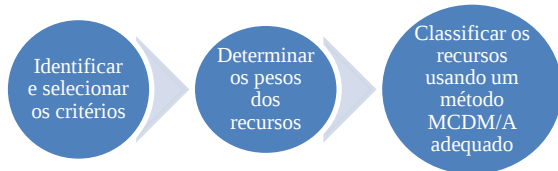


Figura 1. Etapas do MCDM/A. Adaptado de TAHERDOOST; MADANCHIAN, 2023.

Existem vários tipos de métodos multicritérios que são desenvolvidos ou aprimorados por diferentes autores ao longo dos anos. As principais diferenças entre esses métodos estão relacionadas ao nível de complexidade dos algoritmos, aos métodos de ponderação dos critérios, à forma de representar os critérios de avaliação das preferências, à possibilidade incerta de dados e, finalmente, ao tipo de agregação de dados (BĄCZKIEWICZ et al, 2021). Neste trabalho, foi utilizado o método ELECTRE II (Elimination and Choice Expressing Reality).

MÉTODO ELECTRE II

O método ELECTRE II é um método para problemas de ordenação, baseado em critérios verdadeiros e que utiliza os conceitos de concordância e discordância para construir as relações de sobreclassificação forte e fraca, em um conjunto de alternativas (GOMES; GOMES, 2010). Portanto, o método ELECTRE-II pode não apenas refletir os méritos reais, mas também fornecer aos tomadores de decisão resultados mais convincentes na prática (KRYLOVAS et al, 2014).

Para aplicação do método, considera-se A um conjunto de ações e $g_i(a)$ a avaliação de qualquer uma dessas ações segundo um critério $i(i=1,2,3,...,n)$. Aplicando a relação de sobreclassificação aos elementos do conjunto A , pode-se definir uma alternativa 'a' sobreclassifica 'b'. Desta forma tem-se aSb , se a alternativa 'a' é pelo menos tão boa quanto a alternativa 'b'. Após a avaliação dos critérios, o próximo passo é o cálculo das matrizes de concordância e discordância que são construídas pelos índices de concordância e discordância.

O método ELECTRE II pode ser dividido em duas fases:

Fase 1: Construção das relações de sobreclassificação

Nesta fase os índices de concordância e discordância são usados para construir as relações de sobreclassificação forte (S^F) e fraca (S^f).

O ELECTRE II estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de alternativas, inicialmente consideradas, que satisfaça:

- O teste da concordância, em que a medida da concordância está acima de um nível mínimo de aceitabilidade;
- O teste da discordância, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância.

O índice de concordância $C(a,b)$ por meio da Equação 1 demonstra a proporção do peso (w) para que a alternativa a seja preferível em relação a b .

$$C(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} w_j, \quad (1)$$

$$\text{em que } W = \sum_{j=1}^n w_j$$

Já o índice de discordância $D(a,b)$ representa a desvantagem relativa entre as alternativas a e b , Equação 2.

$$D(a,b) = 0, \text{ se } g_j(a) \geq g_j(b) \forall j, \quad \text{ou}$$

$$D(a,b) = \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)], n.c \quad (2)$$

$$\text{em que } \delta = \max_{c,d} [g_j(c) - g_j(d)],$$

onde g é a avaliação das ações e δ é a amplitude dos critérios para cada alternativa.

Fase 2: Exploração das relações de sobreclassificação

Aqui ocorre a definição de quatro limiares e o processo de ordenação por meio de dois rankings. O primeiro ranking começa com as melhores alternativas seguindo uma ordem decrescente, e o segundo ranking começa com as piores, seguindo uma ordem crescente. Ambas as ordenações aplicam S^F e S^f .

A escala é dada pela diferença do maior valor de um critério analisado "c" pelo seu menor valor "d". Após são determinados os limiares de concordância e discordância forte e fraco c^+c^+, c^-c^- e d^+d^+, d^-d^- , respectivamente, que são utilizados para encontrar as relações de sobreclassificação forte S^+S^+ e fraca S^-S^- .

A relação de sobreclassificação forte é definida da seguinte forma (Equação 3):

$$aS^F b \text{ se } = \begin{cases} C(a,b) \geq c_1 \\ D(a,b) \leq d_1 \end{cases} \quad (3)$$

$$\sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} w_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} w_j$$

A relação de sobreclassificação *fraca* é definida da seguinte forma (Equação 4):

$$a S^F b \text{ se } = \begin{cases} C(a, b) \geq c_2 \\ D(a, b) \leq d_2 \end{cases} \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} w_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} w_j \quad (4)$$

A ordenação é encontrada por meio de duas pré-ordens construídas utilizando as duas relações de sobreclassificação (S^F, S^f). Na S^F faz-se um ranking em ordem decrescente das alternativas, já na S^f o ranking deve ser em ordem crescente. Estabelecido os dois rankings, a etapa final do ELECTRE II é ordenar esses em relação às suas classificações médias. Isso estabelece uma classificação completa de ordenação.

DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Uma das motivações para desenvolver o aplicativo de suporte à gestão de emergências é o crescente uso de smartphones. À medida que estes dispositivos continuam a evoluir e a oferecer uma gama cada vez maior de funcionalidades, sua integração nos mais diferentes setores torna-se cada vez mais relevante. O aproveitamento das suas capacidades avançadas para criar soluções inovadoras para comunicação e resposta a emergências pode aumentar significativamente a resiliência geral da nossa sociedade face a crises imprevistas (TOUTOUDAKIS, 2023).

Sendo assim, o método ELECTRE II foi implementado usando a linguagem Dart. O uso da linguagem Dart foi escolhida por sua relação com o Framework Flutter que é um kit de desenvolvimento com inúmeras ferramentas. Além disso, Dart é uma linguagem de programação estruturada, open source e puramente orientada à objetos. Desenvolvida pelo Google para a criação de aplicações web complexas baseadas em navegadores web (browsers). Tal tecnologia tem suporte para plataformas iOS, Android, Web, Windows, Mac e Linux, o que

contribui para o propósito funcional e abrangente da proposta aqui apresentada (AMEEN; MOHAMMED, 2022). A linguagem possui uma sintaxe familiar, é baseada em classes, o que lhe confere uma curva de aprendizado curta. Na Figura 2 é mostrado o fluxo do aplicativo.

O aplicativo foi desenvolvido para que em uma situação de emergência, o usuário, em campo, possa definir qual equipe é mais adequada para atender a uma determinada ocorrência utilizando o método ELECTRE II. A Figura 3 mostra a tela inicial do aplicativo.



Figura 3. Tela inicial do Aplicativo.

Conforme a Figura 3, a tela inicial apresenta os campos para que o usuário forneça o número de critérios e de equipes.

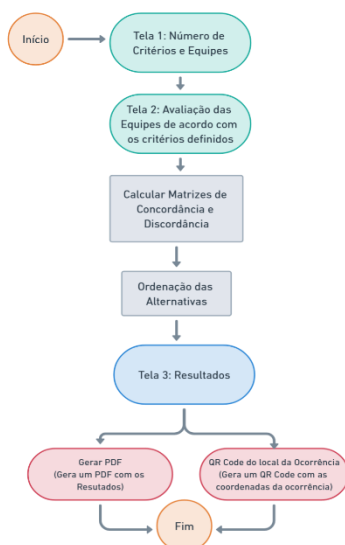


Figura 2. Fluxo do Aplicativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gestão de crises, especialmente em situações de desastres, exige uma abordagem rápida, eficaz e bem fundamentada para minimizar os impactos causados. Nesse contexto, um aplicativo multicritério se destaca como uma ferramenta conveniente para esses momentos. A capacidade de avaliar e priorizar múltiplos fatores críticos simultaneamente podem fazer a diferença entre uma resposta bem-sucedida e uma catástrofe mal administrada.

Em momentos de crises, como desastres naturais (terremotos, enchentes, furacões) ou crises humanitárias (guerras, epidemias), os tomadores de decisão são frequentemente confrontados com uma vasta quantidade de informações e precisam tomar decisões rápidas sob pressão (RIBEIRO; LONGARAY, 2024). A complexidade dessas

situações é exacerbada pela diversidade de critérios que devem ser considerados, incluindo:

Recursos disponíveis: humanos, materiais e financeiros.

Tempo de resposta: urgência e tempo disponível para intervenção.

Impacto potencial: número de vidas afetadas, danos materiais, impactos ambientais.

Acessibilidade: condições das infraestruturas, meios de transporte disponíveis.

Coordenação interinstitucional: comunicação e cooperação entre diferentes agências e organizações.

Diante disso, a gestão estratégica com o uso de aplicativos multicritério, proposto neste trabalho, permite uma análise abrangente e dinâmica de fatores diversos, facilitando a tomada de decisões informadas e rápidas. E para assegurar a eficiência de um aplicativo é a validação do código desenvolvido.

VALIDAÇÃO DO CÓDIGO

A validação de código de um aplicativo é fundamental para garantir sua qualidade, eficiência e confiabilidade. Este processo permite identificar e corrigir erros nas fases iniciais do desenvolvimento, o que é significativamente mais econômico e menos demorado do que corrigir problemas após o lançamento. Esse processo assegura que o código atenda aos requisitos especificados, reduzindo a probabilidade de falhas, vulnerabilidades e problemas de desempenho.

A validação de código também inclui a verificação de requisitos e testes de usabilidade, garantindo que o aplicativo seja funcional e atenda às necessidades dos usuários finais. Além disso, contribui para a entrega de um produto adequado, seguro e eficiente, aumentando a satisfação do usuário.

Para tanto, neste trabalho foram utilizados os dados provenientes do artigo de GOMES; COSTA, 2015, que utilizaram métodos de apoio multicritério, entre eles o ELECTRE II para a avaliação de três tecnologias de pagamento eletrônico mais comumente utilizadas no Brasil. Para o desenvolvimento do trabalho, GOMES; COSTA, 2015 estabeleceram 14 critérios e três alternativas, como mostra a Figura 4.

	Peso	Características:	Cartão Co-Branded ou Híbrido	Cartão Private Label	Cartão de crédito bandeirado
B	100	Custo de Implantação	5	3	2
D	95	Custo por Transação (Varejista)	3	2	5
H	95	Necessidade de investimentos no futuro	3	4	2
F	90	Fidelização ao Varejista	3	5	1
I	90	Nº de locais que atende:	5	1	5
J	85	Potencial de crescimento:	5	4	3
N	80	Usabilidade ao Cliente	4	2	5
O	80	Usabilidade ao Varejista	5	3	5
C	75	Custo para o cliente	3	1	5
G	75	Fidelização do Cliente	5	3	4
E	70	Facilidade de difusão	4	5	3
A	65	Aplicações adicionais	3	2	5
L	60	Risco para o Cliente	2	1	2
M	60	Risco para o Varejista	1	1	3

Figura 4. Peso dos critérios e classificação das alternativas em cada critério (GOMES; COSTA, 2015).

Para a validação do código do aplicativo aqui proposto, os valores foram inseridos nos campos de avaliação, como mostra a Figura 5.

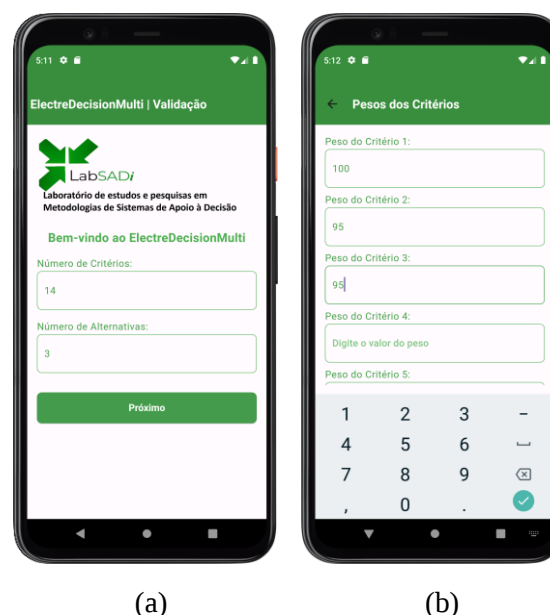


Figura 5. Configuração do problema. (a) configuração dos critérios e alternativas. (b) definição dos pesos dos critérios. De acordo com GOMES; COSTA, 2015.

Conforme a Figura 5, a configuração do problema é iniciada. É possível observar que o usuário pode definir o número de critérios e alternativas. Ressalta-se que um dos principais objetivos deste trabalho foi desenvolver o aplicativo de maneira simples e clara, proporcionando uma interface intuitiva para o usuário. Dessa maneira, o produto foi projetado para facilitar a tomada de decisões, especialmente em situações de emergência, otimizando o tempo e aumentando a eficácia na resposta a tais cenários. Com isso, na primeira tela (a) o decisor define suas principais demandas e na segunda (b) ele já define os pesos dos critérios a serem considerados. Seguindo a lógica do método ELECTRE II, uma vez definindo o peso dos critérios de interesse, o decisor passa a avaliar as

alternativas que ele possui diante a situação enfrentada (Figura 6).



Figura 6. Avaliação das alternativas de acordo com os critérios estabelecidos.

Como resultado o aplicativo mostra as matrizes de concordância e discordância e a relação de preferência (Figura 7). A praticidade dos resultados de um aplicativo multicritério reside na sua capacidade de integrar e avaliar rapidamente múltiplos critérios, facilitando a tomada de decisões informadas e justificáveis. Isso permite priorizar ações e alocar recursos de maneira eficiente, essencial em situações de crise onde tempo e precisão são cruciais.



Figura 7. Resultados do Método ELECTRE II.

Além disso, a flexibilidade do aplicativo permite ajustes dinâmicos conforme novas informações

surgem, tornando-o uma ferramenta versátil para a gestão de emergências e outras decisões complexas.

Uma vez configurado e integrado ao aplicativo aqui apresentado, passou-se a verificação dos resultados. Tomando o cuidado de comparar e averiguar as possíveis semelhanças de valores (Figura 8).

GOMES: COSTA, 2015

Matriz de Concordância

Alt → Alt	BH	PL	CB
BH	1	0,77	0,67
PL	0,28	1	0,39
CB	0,54	0,61	1

Aplicativo Proposto

Matriz de Concordância:

0.00	0.77	0.67
0.28	0.00	0.39
0.54	0.61	0.00

Figura 8. Comparação da matriz de Concordância.

Como exibido na Figura 8, os valores na matriz de concordância estão alinhados aos obtidos por GOMES; COSTA, 2015, o que assegura a conformidade com o método e o código desenvolvido.

Já para a matriz de discordância a Figura 9 exibe os valores encontrados.

GOMES: COSTA, 2015

Matriz de Discordância

Alt → Alt	BH	PL	CB
BH	0	0,5	0,5
PL	1	0	1
CB	0,75	1	0

Aplicativo Proposto

Matriz de Discordância:

0.00	0.40	0.67
0.80	0.00	0.80
0.60	0.80	0.00

Figura 9. Comparação da matriz de Discordância.

De acordo com a Figura 9, a matriz de discordância apresenta valores semelhantes aos encontrados por

GOMES; COSTA, 2015. Embora não sejam iguais, como encontrados na matriz de concordância, os valores se aproximam dos de referência.

A matriz de concordância e a matriz de discordância são componentes fundamentais no método ELECTRE II. Ambas têm papéis distintos na avaliação das alternativas, e a importância relativa de cada uma pode depender do contexto específico da análise. Como o objetivo do trabalho é avaliar quais as alternativas são predominantemente superiores em um maior número de critérios, a matriz de concordância pode ser mais interessante de se observar (ROY, 1991). Ela ajuda a construir uma visão geral das preferências mais amplas entre as alternativas. Porém, a matriz de discordância avalia o grau de discordância ou oposição entre as alternativas com base nos critérios. Ela mede o quão desfavorável é uma alternativa A em relação à alternativa B em um critério específico, considerando as diferenças absolutas nas avaliações dos critérios. Como os valores foram bem próximos dos de referência, pode-se inferir que o código gerado atende aos elementos principais do método ELECTRE II.

É importante destacar como a conformidade do código com os valores e critérios estabelecidos na literatura contribui para a sua validação e robustez (OBERKAMPF et al, 2010). A validação do código com base em parâmetros científicos não apenas reforça a confiança na precisão dos resultados obtidos, mas também assegura que o desenvolvimento segue padrões metodológicos rigorosos (NEISHABOURI et al, 2022). Esse alinhamento permite que o código seja avaliado de maneira crítica e transparente, facilitando a replicação dos experimentos e a verificação dos resultados por outros pesquisadores.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Uma vez validado o código, passamos para um exemplo de aplicação, considerando uma situação de inundação semelhante ao desastre sem precedentes enfrentado pelo Rio Grande do Sul. Em uma época marcada pela frequência crescente de desastres naturais, a combinação de ciência e tecnologia se revela uma abordagem eficaz para enfrentar tais situações. A aplicação prática do código validado demonstra como a integração de métodos científicos com soluções tecnológicas pode contribuir significativamente para a gestão e resposta a emergências, promovendo uma reação mais rápida e eficiente frente a eventos catastróficos.

Na recente enchente no Rio Grande do Sul, muitos resgates de animais foram realizados (KUNDLATSCH et al, 2024). Sendo assim, a ocorrência modelada neste exemplo focou no resgate de animais, utilizando os critérios: Equipamentos (C_1), Mobilidade (C_2), Experiência (C_3) e Capacidade

Técnica (C_4). Para compor o exemplo, três equipes foram avaliadas com base nesses critérios.

No cenário em questão, é de suma importância possuir equipamentos adequados para resgate de animais, a mobilidade tem uma função considerável também, sendo que dependendo do porte do animal esse processo deve ser mudado. A experiência dos componentes das equipes pode determinar o sucesso do resgate e a capacidade técnica, como pessoas treinadas e habituadas na causa animal é um diferencial. Dito isso, foram atribuídos os seguintes pesos aos critérios: $C_1 = 0.2$, $C_2 = 0.3$, $C_3 = 0.2$ e $C_4 = 0.3$. A Figura 10 mostra as configurações iniciais.

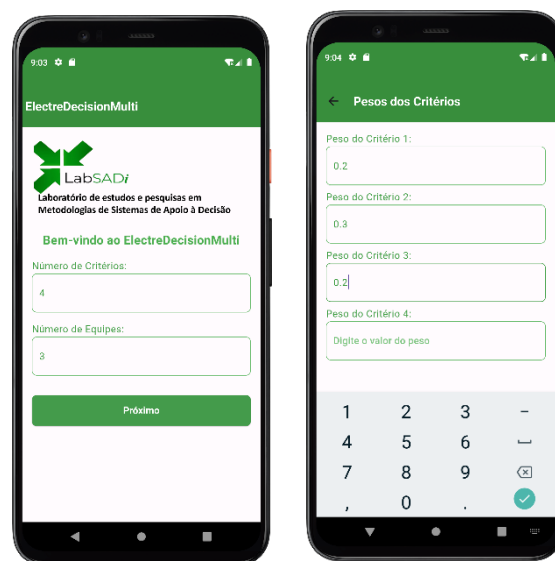


Figura 10. Configurações iniciais do exemplo de aplicação.

A Figura 11 exibe os processos seguintes do método.

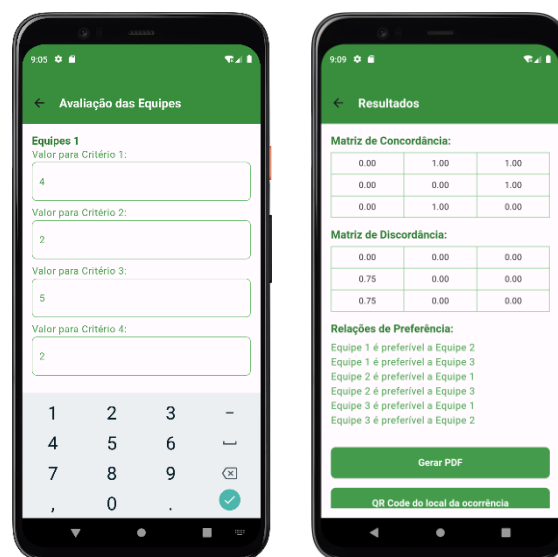


Figura 11. Avaliação das alternativas e resultados.

Conforme ilustrado na Figura 11, a Equipe 1 apresentou o melhor desempenho segundo os critérios estabelecidos.

O aplicativo ainda possibilita a opção de gerar um pdf dos resultados, que pode ser usado como um relatório de operações. Além disso, outro diferencial é a possibilidade de fornecer uma rota por meio do botão “QR Code do local da ocorrência” como mostram as Figuras 12 e 13.

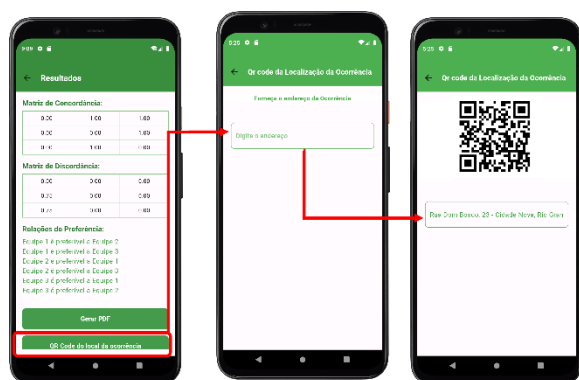


Figura 12. Botão QR Code para rotas.

Ao clicar no botão o usuário abre uma tela onde pode inserir o endereço da ocorrência e gerar um QR Code para que algum integrante da equipe escolhida escaneie em seu próprio celular e obtenha a rota de resgate.

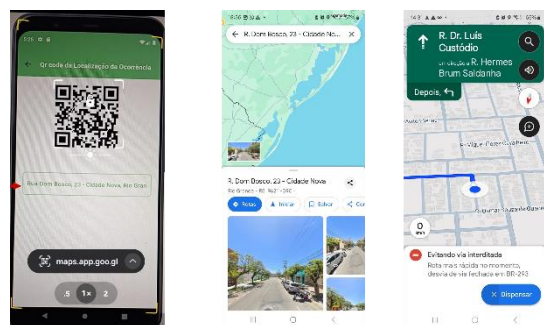


Figura 13. QR Code d endereço da ocorrência.

A Figura 13 mostra a dinâmica do membro da equipe ao escanear o QR Code. Com isso, a equipe tem acesso a rota de destino da ocorrência, podendo se deslocar de imediato ao local solicitado.

CONCLUSÃO

Em síntese, este trabalho apresenta um aplicativo que combina a sofisticação da abordagem multicritério com a versatilidade da tecnologia móvel, visando

otimizar a seleção de equipes e rotas para suporte a emergências.

A integração da robustez científica do método multicritério com a avançada tecnologia dos smartphones não apenas aprimora a eficiência e a eficácia das operações de emergência, mas também promove uma resposta mais ágil e precisa em momentos críticos. Esta proposta ilustra de forma o potencial dos dispositivos móveis para auxiliar a gestão de emergências, oferecendo uma ferramenta prática e intuitiva que capacita os decisores a garantir maior segurança e proteção.

Este trabalho não apenas evidencia o potencial dos dispositivos móveis em transformar a gestão de emergências, mas também estabelece uma base para futuros desenvolvimentos na área. Além disso, demonstra o impacto positivo da tecnologia na segurança e proteção em situações críticas. Este estudo contribui para a evolução das ferramentas de apoio à decisão em contextos de emergência, promovendo práticas mais eficazes e fundamentadas em evidências.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq - Processo: 310976/2022-7 - Bolsa Pesquisador DT nível II) pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- Abdalzaher, M. S.; Elsayed H. A. Employing data communication networks for managing safer evacuation during earthquake disaster. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 94, p. 379-394, 2019.
- Al-Zubi, K. N. The Structure of Management Information System and its Impact on the Management of the Corona Crisis in Jordanian Universities. *International Journal of Professional Business Review*, 8(4), p. e01175-e01175, 2023.
- Ameen, S. Y., & Mohammed, D. Y. Desenvolvimento de biblioteca multiplataforma usando flutter. *Revista Europeia de Pesquisa em Engenharia e Tecnologia*, 7(2), p.18-21, 2022.
- Bączkiewicz, A., Kizielewicz, B., Shekhovtsov, A., Wątróbski, J., & Sałabun, W. Methodical aspects of MCDM based E-commerce recommender system. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(6), p. 2192-2229, 2021.
- Damaševičius, R., Bacanin, N., & Misra, S. From sensors to safety: Internet of Emergency Services (IoES) for emergency response and disaster



- management. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 12(3), p. 41, 2023.
- Dwarakanath, L., Kamsin, A., Rasheed, R. A., Anandhan, A., & Shuib, L. Abordagens automatizadas de aprendizado de máquina para resposta a emergências e coordenação via mídia social após um desastre: uma revisão. *Acesso IEEE*, 9, p. 68917-68931, 2021.
- Firoozabadi, S. M. K., Soleimani, G., Amiri, M., & Moradian, M. Review of emergency response methods in disaster management, dispatch and control of forces in emergencies. *Journal of Economic & Management Perspectives*, 11(3), p. 1737-1747, 2017.
- Gomes, C. F. S., & Costa, H. G. Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. *Production*, 25, p. 54-68, 2013.
- Gomes, C. F. S., Gomes, L. F. A. M., & Maranhão, F. J. C. Decision analysis for the exploration of gas reserves: merging TODIM and THOR. *Pesquisa Operacional*, 30, 601-617, 2010.
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K., Kosareva, N., & Dadelo, S. New KEMIRA method for determining criteria priority and weights in solving MCDM problem. *International journal of information technology & decision making*, 13(06), p. 1119-1133, 2014.
- Kundlatsch, A., da Silva, C. S., & de Mello Rezende, F. A. *Ludus Scientiae: expansões e esperanças em 2024*. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 8, 2024.
- Neishabouri, A., Nguyen, J., Samuelsson, J., Guthrie, T., Biggs, M., Wyatt, J., ... & Guo, C. C. Quantification of acceleration as activity counts in ActiGraph wearable. *Scientific Reports*, 12(1), p. 11958, 2022.
- Oberkampf, W. L., Trucano, T. G., & Hirsch, C. Verification, validation, and predictive capability in computational engineering and physics. *Appl. Mech. Rev.*, 57(5), p. 345-384, 2004.
- Oberkampf, W. L., & Roy, C. J. *Verification and validation in scientific computing*. Cambridge university press. 2010.
- Ribeiro, D. L., & Longaray, A. A. A Novel Computational Mathematical Model for Team and Route Selection of the Emergency Response Operations. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(2), p. 13624-13630, 2024.
- Roy, B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and decision*, 31, 49-73, 1991.
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), p. 77-87, 2023.
- Wang, X., & Triantaphyllou, E. Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods. *Omega*, 36(1), p. 45-63, 2008.