

ANÁLISE DO PROCESSO DE PREMIAÇÃO DAS ÁREAS INTEGRADAS DE SEGURANÇA NO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

Marcio Pereira Basilio (UFF)

marciopbasilio@gmail.com

Valdecy Pereira (UFF)

valdecypereira@yahoo.com.br



O presente estudo aplicou um multi-criteria decision analysis (MCDA) para obtenção do ranking das Áreas Intergradadas de Segurança Pública (AISP), para fins de premiação pelo Sistema Integrado de Metas (SIM). A aplicação de um MCDA teve o objetivo de eliminar o efeito compensatório dos critérios, evitando que o sucesso em um critério compensasse o fracasso em outro. O método escolhido foi ELECTRE III (ELimination Et Choix Traduisant la REALité), pois o problema em análise adequava-se ao tipo (P.γ). Quanto aos fins, a metodologia pode ser classificada como metodológica e aplicada e quanto aos meios bibliográfica, documental e de laboratório. Os dados foram obtidos em colaboração com a Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2017, referindo-se a 12ª edição de premiação do SIM, ocorrida no primeiro semestre de 2015. A escolha desta edição deu-se pelo fato de ser a única em que onze AISPs empataram em primeiro lugar. Para efeitos de geração das matrizes de concordância, discordância, credibilidade, ranking parcial e final, foi utilizado o software J-Electre. Como resultado da aplicação do método ELECTRE III, obteve-se um ranking sem empate entre as três primeiras colocações. A eliminação do efeito compensatório pode ser percebida comparando-se os resultados obtidos pelo SIM versus o ELECTRE III, onde a ordem de classificação das unidades foi alterada. Como contribuição pode-se afirmar que para o caso estudo resultaria em uma economia, pois deixariam de serem premiadas oito AISPs.

Palavras-chave: : MCDA, ELECTRE III, Ranking das AISPs, segurança pública, J-Electre

1. Introdução

O processo de tomada de decisão nas organizações envolve uma série de objetivos, pontos de vistas e critérios aos quais os tomadores de decisão estão sujeitos em seu cotidiano. Ao longo das últimas seis décadas inúmeras metodologias foram desenvolvidas com *Multiple Criteria Decision Aid* - (MCDA), com o objetivo de ajudar os *Decision Maker* (DM) no processo de tomada de decisão, conforme afirma (Mousseau, 1994).

Em relação à MCDA a literatura encapsula os métodos para resolução de quatro tipos de problemas clássicos (Roy; Bouyssou, 1993), (Wang; Triantaphyllou, 2006) : I) o primeiro (P. α) consiste na formulação de problema que resulte na melhor alternativa; o segundo (P. β) consiste em agrupar as alternativas e classes bem definidas; o terceiro (P. γ) consiste na problemática que resulta em uma classificação completa das alternativas por ordem de preferência; e o quarto (P. δ) consiste em descrever como cada alternativa atende a todos os critérios simultaneamente.

O presente estudo abordará aplicação de MCDA para solução de problema na área de segurança pública, buscando resposta para a seguinte questão: Como reduzir o efeito compensatório dos critérios do processo de classificação das Áreas Integradas de Segurança Pública, para fins de premiação do sistema de metas?

Como objetivo principal a pesquisa pretende reduzir o efeito compensatório dos critérios do processo de classificação das Áreas Integradas de Segurança Pública, para fins de premiação do sistema de metas, por meio da aplicação de método MCDA.

Os resultados, revelam que o processo de classificação resultante da modelagem do problema com o Método ELECTRE III, apresenta eliminação do efeito compensatório, o que resultou em uma definição das três Áreas Integradas de Segurança Pública - AISP que deveriam ser premiadas, que seriam as AISPs 36, 19 e 28. Em contrapartida 8 unidades deixariam de ser premiadas, o que objetivamente promoveria uma redução de custos da premiação na edição analisada.

2. O contexto estudado

O objeto de estudo é o processo de premiação das AISP, no Rio de Janeiro, por alcance de metas, que teve sua gênese a partir de 25 de junho de 2009, quando o Governo editou dois decretos: n. 41.930 e o n. 41.931, ambos de 2009. O primeiro dividiu o Estado do Rio de Janeiro em Regiões Integradas de Segurança Pública (RISPs). As RISPs, por sua vez, foram concebidas com a intenção de unir taticamente as Polícias Civil e Militar. As RISPs são subdivididas em Áreas Integradas de Segurança Pública (AISPs), conforme ilustrado na Tabela 1. O Decreto n. 41.930(2009) redefiniu cenário da segurança pública, estruturando-o para a criação e implantação do sistema de gerenciamento de metas estabelecido pelo Decreto n. 41.931(2009).

Tabela 1 - Divisão do Território do Estado do Rio de Janeiro

REGIÃO	PMERJ	PCERJ	AISP
1ª. RISP Capital(Zona sul, Centro e parte da Norte)	1º CPA	1º DPA	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 16, 17, 19, 22,23.
2ª. RISP Capital(Zona Oeste e parte da Norte)	2º CPA	2º DPA	9, 14, 18, 27, 31, 39.
3ª. RISP Baixada Fluminense	3º CPA	3º DPA	15, 20, 21, 24, 34, 40.
4ª. RISP Niterói e Região dos Lagos	4º CPA	4º DPA	7, 12, 25, 35.
5ª. RISP Sul Fluminense	5º CPA	5º DPA	10, 28, 33, 37.
6ª. RISP Norte Fluminense	6º CPA	6º DPA	8, 29, 32, 36.
7ª. RISP Região Serrana	7º CPA	7º DPA	11, 26, 30, 38.

Fonte: Elaborado em consonância com o anexo único do Decreto n. 41.930 (2009).

O Decreto n. 41.931 (2009) definiu as bases para implantação do Sistema Integrado de Metas (SIM). Neste instrumento foram definidos os Indicadores Estratégicos de Criminalidade (IECs) que possuiriam metas a serem alcançadas e estabelecendo regras para o monitoramento das metas, critérios para premiação, periodicidade e valores a serem pagos em cada modalidade, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Evolução da premiação do SIM

Tipo de Prêmio	Orgão	Critério	Exercício Financeiro				
			2009	2011	2013	2016	
produtividade	RISP	Primeiro lugar na classificação final	1500	3000	6000	13500	3000
	AISP	Três primeiros colocados	1500	3000	6000	13500	3000
			1000	2000	4000	9000	2000
			750	1500	3000	6750	1500
	RISP e	Attingir todas as metas semestrais e fixadas	500	1000	2000	5395 a	1199 a
						4500	1000
	AISP				3000	700	
					1500	350	
	SARPM/COIMPL/PCERJ e NUPESP/ISP	Cumprir suas atribuições com antecedência mínima de 24h antes do prazo limite	-	-	2000	4500	1000
	Inovação	Unidades especializadas	Premiar as melhores iniciativas e resultados no controle da criminalidade	1500	3000	6000	13500
PCERJ ou Especiais			1000	2000	4000	9000	2000
PMERJ			750	1500	3000	6750	1500

Fonte: Elaborado em conformidade aos Decretos: n. 41.931(2009); n. 42.243(2010); n. 42.812(2011); n. 43.055 (2011); n. 43.056(2011); n. 44.348(2013); e n. 45.566 (2016).

Por meio da Resolução n. 305 (2010), foi instituído o Sistema de Metas e Acompanhamento de Resultados (SIM). O SIM é o modelo vigente, e objetiva acompanhar o cumprimento das metas estabelecidas pelos contratos de gestão. Os dados resultantes do acompanhamento do SIM são utilizados para estabelecer o ranking das AISPs, para fins de premiação, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores aplicados ao SIM no 1º semestre de 2015

LLETALIDADE VIOLENTA ROUBO DE VEÍCULOS ROUBOS DE RUA IDM											
PESO											
AISP	3			2			1			%	
	META	REAL	%	META	REAL	%	META	REAL	%		
2	6	8	90,0	100	104	96	902	1113	77	89,77	
3	46	64	61	775	860	89	2650	2854	92	75,50	
4	14	52	-90,0	278	265	105	1767	1766	100	6,57	
5	22	30	64	99	85	114	2072	2267	91	84,96	
6	10	10	100,0	167	118	120	974	930	105	107,42	
7	222	163	120	2168	1515	120	4832	3618	120	120,00	
8	150	101	120	174	100	120	637	435	120	120,00	
9	129	115	111	1419	1739	77	2970	3878	69	92,81	
10	20	23	85,0	9	7	110,0	30	18	120	99,17	
11	22	17	120	13	6	120,0	67	32	120	120,00	
12	86	113	69	791	749	105	2236	2209	101	86,27	
14	116	109	106	1039	1049	99	2469	2530	98	102,28	
15	283	193	120	2017	1298	120	3895	2701	120	120,00	
16	48	55	85	471	602	72	1343	1558	84	80,77	
17	20	20	100,0	78	69	112	289	301	96	103,15	
18	47	60	72	216	246	86	966	1009	96	80,80	
19	7	2	120,0	19	6	120,0	585	276	120	120,00	
20	340	283	117	2151	1756	118	4514	4162	108	115,80	
21	126	88	120	1056	826	120	1947	1547	120	120,00	
22	44	24	120	180	154	114	846	723	115	117,24	
23	13	9	120,0	58	33	120	789	561	120	120,00	
24	161	163	99	286	374	69	583	776	67	83,61	
25	158	130	118	187	129	120	521	469	110	117,19	
26	12	10	110,0	8	11	85,0	29	43	52	91,95	
27	102	85	117	225	171	120	382	601	43	105,45	
28	57	31	120	33	17	120	178	54	120	120,00	
29	11	6	120,0	5	2	115,0	3	3	100,0	115,00	
30	15	7	120,0	18	6	120,0	25	12	120	120,00	
31	27	26	104	312	256	118	859	824	104	108,51	
32	114	92	119	363	234	120	816	636	120	119,65	
33	69	62	110	56	47	116	156	115	120	113,76	
34	64	45	120	166	121	120	329	280	115	119,15	
35	53	42	120	251	176	120	557	406	120	120,00	
36	17	10	120,0	11	2	120,0	10	1	120,0	120,00	
37	19	16	115,0	5	5	100,0	25	18	120	110,83	
38	14	9	120,0	6	3	115,0	11	7	120,0	118,33	
39	136	122	110	472	397	116	1015	904	111	112,27	
40	31	29	106	217	396	18	376	940	-50	50,73	
41	128	129	99	1343	1690	74,2	2628	3417	70	85,99	

 Fonte: Adaptado do Site do www.isp.rj.gov.br

3. Um panorama da família ELECTRE

Os métodos ELECTRE compõem basicamente os MCDA do que os especialistas denominaram de escola francesa ou escola europeia. Conforme registrado por (Govindan & Jepsen, 2016) o primeiro método ELECTRE foi apresentado por (Benayoun; Roy; Sussman,

1966) como relatório de trabalho da *European consultancy company* – SEMA com respeito a problemática específica do mundo real. Mas o primeiro artigo na foi publico em um periódico antes de 1968. Quando (Roy, 1968) descreveu o método em detalhes. Mas tarde, o método foi renomeado como ELECTRE I. Os métodos desta família caracterizam-se pela utilização de uma relação de *outranking*, ou seja, estabelecimento de um *rank* para um conjunto de alternativas (Wang; Triantaphyllou, 2006). Cada método consiste em duas fases: uma de agregação e outra de exploração. A primeira fase consiste em um procedimento baseado nos conceitos de concordância e discordância, os quais são usados fazer a comparação entre as alternativas. A segunda consiste de um procedimento de exploração da relação de *outranking*. Este procedimento é necessário para construir e apresentar o tipo de resultado esperado para a problemática estudada, conforme em (Figueira; Greco; Roy; Slowinski, 2013).

O ELECTRE I (Benayoun; Roy; Sussman, 1966) foi o primeiro da série. Os seguintes foram uma evolução de dois índices: o índice de concordância e o índice de discordância. Os métodos ELECTRE podem ser aplicados em três dos quatro tipos de problemas que um DM pode ter que decidir: (P.α), (P.β), (P.γ), e (P.δ). Em relação ao tipo de problema os métodos ELECTRE I, ELECTRE Iv (Figueira; Mousseou; Roy, 2005) e o ELECTRE IS (Roy; Slowinski, 1984) são aplicados na resolução dos problemas do tipo (P.α). O ELECTRE TRI (Yu, 1992 ; Roy; Bouyssou, 1993) que posteriormente foi renomeado ELECTRE TRI-B (Figueira; Greco; Roy; Slowinski, 2010), TRI-C (Almeida-Dias; Figueira; Roy, 2010) e TRI-nC (Almeida-Dias; Figueira; Roy, 2012) são aplicados nos problemas tipo (P.β). O ELECTRE II (Roy; Bertier, 1971), o ELECTRE III (Roy, 1978), e ELECTRE IV (Roy; Hugonnard, 1982) são aplicados aos problemas do tipo (P.γ). O problema do tipo (P.δ) como assevera (Govindan; Jepsen, 2016) pode ser considerado contido nas outras três problemáticas. Em relação ao sistema de preferência somente os métodos ELECTRE I e II aplicam o critério-verdadeiro. Em relação à aplicação de pesos para os critérios, somente o método ELECTRE IV não aplica pesos para os critérios.

4. A escolha do método ELECTRE

O problema estudado trata-se de estabelecimento de um ranking entre as AISP's para fins de premiação do SIM. Desta forma, a problemática a ser modelada enquadra-se no tipo de problema (P.γ). Conforme assevera (Roy; Slowinski, 2013), este tipo de problema pode ser modelado com os métodos ELECTRE II, III e IV. Em virtude da complexidade e imprecisão dos valores, o sistema de preferência que mais se adequa ao presente caso é o pseudo-critério, o que elimina a aplicação do ELECTRE II, que trabalha com critério-verdadeiro. A existência de peso atribuído aos critérios inviabiliza a utilização do ELECTRE IV. Sendo assim o método que atende aos requisitos apresentados é o ELECTRE III.

5. Descrição do Método ELECTRE III

O método ELECTRE III desenvolvido por (Roy, 1978) e aplicado recentemente por (Lopez; Noriega; Chavira, 2017), (Leoneti, 2016), e (Hodgett, 2016), divide-se em duas etapas:

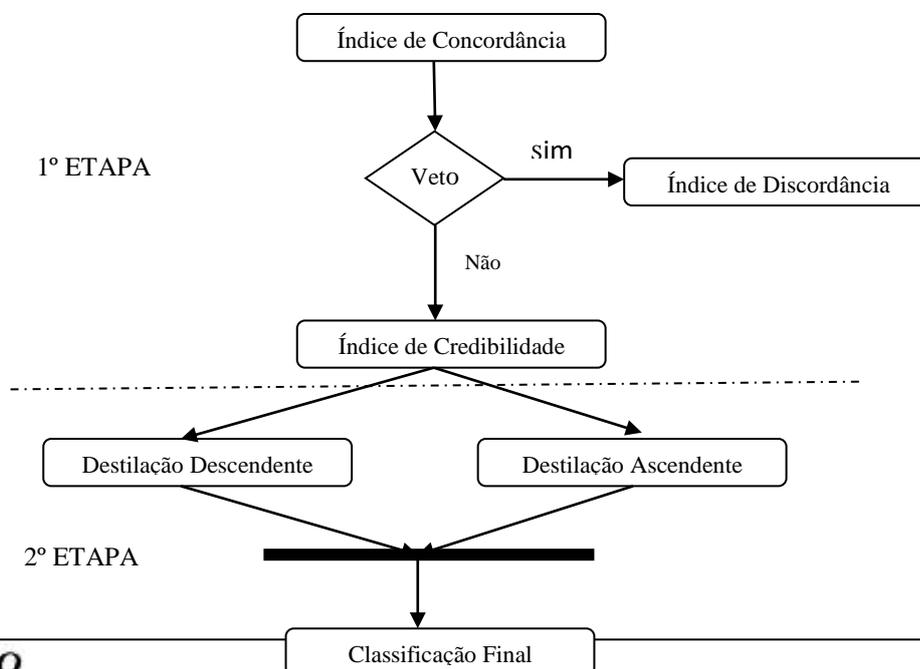
1º Etapa – Construção da relação de *outranking*:

Nesta etapa, são elaboradas as matrizes de concordância para cada critério e a matriz de discordância. Como saída desta etapa temos a matriz de credibilidade.

2º Etapa – Exploração da relação de *outranking*:

Nesta etapa, são construídas as classificações parciais, denominadas de destilação ascendente e descendente. A partir da interpolação destas duas pré-ordens temos como saída a classificação final, conforme ilustrado na Figura 1

Figura 1: Fluxo processual do método ELECTRE III



Fonte: Adaptado de (Vallée; Zielniewicz, 1994), (Giannoulis; Ishizaka, 2010), (Ashari; Parsaei, 2014), e (Infante; Mendonça; Valle, 2014).

Em relação a 1ª. Etapa, este estudo utilizará as notações aplicadas por (Bernabeu, 1980), (Roy; Bouyssou, 1993), (Montazer; Saremi; Ramezani, 2009), (Ashari; Parsaei, 2014):

- (a) $F = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ é o conjunto de critérios.
- (b) J é o conjunto do índice dos critérios.
- (c) $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ é o conjunto de alternativas.
- (d) N é o conjunto do índice das alternativas.
- (e) $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\}$ é o vetor de pesos dos critérios modelados com base na preferências do DM. Nós assumimos que $\sum_{j \in J} w_j = 1$.
- (f) $g_j(a_i)$ é a avaliação do critério g_j para a alternativa a_i . Para compreensão da relação binária do operador para comparação das alternativas a e b , seguimos:
 - P é a relação de preferência estrita, aPb que denota a relação "a é fortemente preferível que b";
 - I é a relação de indiferença, onde aIb denota a relação "a é indiferente para b";
 - Q é relação de preferência fraca, onde aQb denota a relação "a é mais fracamente do que b", esta relação situa-se entre a preferência e a indiferença;
 - R é a relação de incomparabilidade, onde aRb denota que a ação a e b são incomparáveis;
 - S é a relação de *outranking*, onde aSb denota que "a é pelo menos tão bom quanto b"; e
 - \succ é a relação de preferência, onde $a \succ b$ denota que a é preferido fortemente ou fracamente sobre b .

Os limites de veto, preferência e indiferença do método ELECTRE III são estabelecidos como:

- (g) q_j é a notação para o limite de indiferença para o critério g_j .
- (h) p_j é a notação para o limite de preferência para o critério g_j .
- (i) v_j é a notação para o limite de veto para o critério g_j .

Para o cálculo do índice de concordância é necessário conforme (Bernabeu, 1980), estabelecer o grau de credibilidade por critério, o que (Ashari; Parsaei, 2014) denominou de índice de concordância parcial c_j , que é definido pela formula geral:

$$C_j(a,b) = (p_j [g_j(a)] - \text{Min}[g_j(b) - g_j(a), p_j [g_j(a)]]) / (p_j [g_j(a)] - \text{Min}[g_j(b) - g_j(a), q_j [g_j(a)]]) \quad [1]$$

Em seguida, o índice de concordância $C(a,b)$ será construído a partir do somatório dos índices de concordância parcial por critério, com a atribuição dos pesos de cada critério. Para cada par de ações (a,b) , este índice de concordância $C(a,b)$ representa de forma sintética o valor da importância relativa dos critérios. Desta forma, o índice é calculado pela seguinte formula:

$$C(a,b) = \sum_{j=1}^m W_j C_j(a,b) \quad [2]$$

Conforme assevera (Bernabeu, 1980), a relação de concordância pode ser enfraquecida pela noção de discordância. De fato, mesmo se todos os critérios exceto um, j_0 , concordar com a assertiva "a é pelo menos tão bom quanto b", pode ser que a diferença $g_{j_0}(b) - g_{j_0}(a)$ implicando que o *gap* seja tão grande que não se possa ignorá-lo. Sendo assim, é necessário calcular, para cada par de ações (a,b) , um índice de discordância: $\{D_j(a,b), \forall j=1,2,\dots,m\}$.

Cada valor $D_j(a,b)$ expressa como o critério j refuta a afirmação de que "a é pelo menos tão bom quanto b" globalmente. Assim sendo, a que se definir um limite de veto v_j para cada critério g_j . O valor $v_j [g_j(a)]$ será comparado com a diferença $g_j(b) - g_j(a)$, sendo a partir deste ponto, que se deve refutar toda credibilidade da afirmação "a é pelo menos tão bom quanto b". Desta forma, o $D_j(a,b)$ é calculado pela formula geral:

$$D_j(a,b) = \text{Min} \left[1, \text{Max} \left(0, \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j [g_j(a)]}{v_j [g_j(a)] - p_j [g_j(a)]} \right) \right] \quad [3]$$

Após a construção dos índices de concordância e discordância, inicia-se a elaboração da matriz dos índices de credibilidade ou grau de sobreclassificação como denominado por

(Infante; Mendonça; Valle, 2014). Contudo, como assevera (Roy; Bouyssou, 1993) a de se observar os seguintes princípios: 1) na ausência de critérios discordante, o índice de concordância $C(a,b)$ é escolhido como índice de credibilidade; 2) na presença de um critério discordante qualquer cujo valor é seu veto a sobreclassificação aSb , não permitindo o apoio a um argumento significativo de validação, desta forma: $d(a,b)=0$; e o 3) na presença do limite do critério discordante j não vetando à aSb , considera-se que o nível de credibilidade desta afirmação permanece igual à $C(a,b)$ se $D_j(a,b) \leq C(a,b)$ e que o nível de credibilidade é reduzido se $D_j(a,b) > C(a,b)$.

Sendo assim, o índice de credibilidade pode ser calculado da seguinte forma:

$$d(a,b)=C(a,b) \quad \text{se } F(a,b)=\{j \in F, D_j(a,b) \leq C(a,b)\} = \emptyset \quad [4]$$

$$d(a,b)=C(a,b) \cdot \prod_{j \in F(a,b)} (1 - D_j(a,b)) / (1 - C(a,b)) \quad D_j(a,b)=\{j \in F: D_j(a,b) > C(a,b)\} \quad [5]$$

A 2ª. Etapa consiste na exploração da relação de *outranking*. Que a partir da matriz de índices de credibilidade serão construídas duas classificações parciais Z_1 e Z_2 , cuja intercessão produzirá classificação final: $Z=Z_1 \cap Z_2$. Z_1 é denominada destilação descendente, que classifica os pares de ações dos melhores para os piores. Z_2 da mesma forma que Z_1 classifica os pares de ações dos piores para os melhores. Para a construção das pré-ordens serão adotadas as seguintes tarefas:

- 1) Determinação do limite $s(\lambda)$, sendo $\lambda=d(a,b)$, que (Roy; Bouyssou, 1993) denominou de limite de discriminação do índice de credibilidade. Isto permitirá estabelecer os diferentes níveis de significância do grau de credibilidade. O limite é calculado da seguinte forma:

$$s(\lambda)=0.30-0.15\lambda \quad [6]$$

Podemos considerar que todas as classificações tal como $1 - s(\lambda) < d(a,b) \leq 1$ são tão credível umas com as outras.

Considerando $D \subset A$ e $0 \leq \lambda \leq 1$. Definir em D a relação de λ -preferência, \succ_D^λ , para $\forall a, b \in D$:

$$a \succ_D^\lambda b \Leftrightarrow [d(a,b) - s(d(a,b)) > d(b,a)] \quad [7]$$

$$\text{e } [d(a,b) > \lambda]$$

A partir destas premissas podem-se construir os arcos dos fluxos de classificação e nos conduzindo por definição:

- A λ -poder de a em D , com a notação p_D^λ , que corresponde ao numero de ações de D as quais a é λ -preferência;
- A λ -fraco de a em D , com a notação f_D^λ , que corresponde ao numero de ações de D que são λ -preferência à a ;
- A λ -qualificação de a em D , com a notação q_D^λ , que é a quantidade:

$$q_D^\lambda = p_D^\lambda - f_D^\lambda \quad [8]$$

2) A construção de Z_1 , inicia-se com a escolha da melhor ação do conjunto D , que pode ser obtido pela fórmula:

$$\bar{C}_1 = \{a \in D / q_D^\lambda(a) = \bar{q} = \text{Max}_{a \in D} q_D^\lambda(a)\} \quad [9]$$

3) A construção de Z_2 , inicia-se com a escolha da pior ação do conjunto D , que pode ser obtido pela fórmula:

$$\underline{C}_1 = \{a \in D / q_D^\lambda(a) = \underline{q} = \text{Min}_{a \in D} q_D^\lambda(a)\} \quad [10]$$

Os processos 2 e 3 são repetidos até todas as ações constantes do fluxo de classificação serem sejam repassadas de D para $D \setminus (\bar{C}_1 \cup \bar{C}_2 \cup \dots \cup \bar{C}_n)$ no caso da destilação descendente e de D para $D \setminus (\underline{C}_1 \cup \underline{C}_2 \cup \dots \cup \underline{C}_n)$ no caso da destilação ascendente.

6. Metodologia

O presente estudo em relação aos fins classifica-se como uma pesquisa metodológica e aplicada. Quanto aos meios classifica-se como sendo bibliográfica, documental, e de laboratório. Para efeitos de cálculos do método ELECTRE III foi utilizado software J-Electre.

O universo da pesquisa foi às trinta e nove Áreas Integradas de Segurança Pública – AISP localizadas na região metropolitana da Cidade do Rio de Janeiro. A amostra foi composta pelos resultados obtidos e considerados na avaliação da premiação por metas no primeiro semestre de 2015, conforme ilustrado na tabela 3.

Os dados foram coletados em janeiro de 2017, durante a fase da pesquisa documental, junto a Polícia Militar do Rio de Janeiro mediante autorização previa e estão ilustrados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 4 - Valores para formação da matriz de preferência

AISP	C1	C2	C3
2	67	96	77
3	61	89	92
4	-171	105	100
5	64	114	91
6	100	129	105
7	127	130	125
8	133	143	132
9	111	77	69
10	85	122	140
11	123	154	152
12	69	105	101
14	106	99	98
15	132	136	131
16	85	72	84
17	100	112	96
18	72	86	96
19	171	168	153
20	117	118	108
21	130	122	121
22	145	114	115
23	131	143	129
24	99	69	67
25	118	131	110
26	117	63	52
27	117	124	43
28	146	148	170
29	145	160	100
30	153	167	152
31	104	118	104
32	119	136	122
33	110	116	126
34	130	127	115
35	121	130	127
36	141	182	190
37	116	100	128
38	136	150	136
39	110	116	111
40	106	18	-50
41	99	74	70

Fonte: Elaborados pelos autores.

Na fase de testes em laboratórios, realizada nos meses de fevereiro e março de 2017, os dados foram tratados e processados por meio do software J-Electre-v.1 desenvolvido por (Pereira; Costa; Nepomuceno, 2016).

A metodologia obedeceu as seguintes etapas, conforme ilustrada na Tabela 5:

Tabela 5 – Descrição das etapas da metodologia

Etapas	Descrição
1	Identificações das AISPs como ações a serem introduzidas no modelo
2	Obtenção dos valores das metas fixadas
3	Obtenção dos valores absolutos obtidos pelas AISPs para cada critério
4	Identificação dos critérios
5	Obtenção dos pesos de cada critério
6	Efetuar o cálculo percentual de alcance das metas para cada critério
7	Cálculo dos limites de veto, preferência e indiferença para cada critério
8	Inserção dos dados no módulo do software J-Electre, para processamento do método ELECTRE III
9	Obtenção do ranking final para premiação das AISPs

Fonte: Elaborado pelos autores

6.1 Cálculo dos limites

Segundo (Vallée; Zielniewicz, 1994) o cálculo dos limites podem ser feitos em quatro contextos distintos. Por um lado as preferências podem aumentar ou diminuir em relação ao desempenho das ações. Por outro lado, os limites podem ser diretos ou inversos. No primeiro caso: o cálculo é efetuado em função do desempenho da ação de menor preferência. No segundo: o cálculo é feito a partir do desempenho da melhor ação.

Figura 2 – Casos possíveis para cálculo de limites

	Os limites são diretos	Os limites são inversos
Preferência irá aumentar com o desempenho	Caso 1	Caso 3
Preferência irá diminuir com o desempenho	Caso 2	Caso 4

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de (Vallée & Zielniewicz, 1994)

Os limites de veto, preferência e indiferença são calculadas pela seguinte formula geral fórmula geral, conforme assevera (Vallée; Zielniewicz, 1994):

$$(g_j(a)) = \alpha * g_j(a) + \beta \quad [10]$$

Cálculo dos coeficientes do limite de indiferença:

$$\alpha_q = (\alpha'_q) / (1 + \alpha'_q) \quad [11]$$

$$\beta_q = (\beta'_q) / (1 + \alpha'_q) \quad [12]$$

Cálculo dos coeficientes do limite de preferência:

$$\alpha_p = (\alpha'_p) / (1 + \alpha'_p) \quad [13]$$

$$\beta_p = (\beta'_p) / (1 + \alpha'_p) \quad [14]$$

Cálculo dos coeficientes do limite de veto:

$$\alpha_v = (\alpha'_v) / (1 + \alpha'_v) \quad [15]$$

$$\beta_v = (\beta'_v) / (1 + \alpha'_v) \quad [16]$$

Os valores dos coeficientes α e β são definidos pelo tomador de decisão para cada limite. Contudo, (Vallée; Zielniewicz, 1994) salienta que existem certos parâmetros a serem obedecidos: $\alpha \geq -1$ nas situações que se enquadram no CASO 1; $\alpha < 1$ nas situações que se enquadram nos CASOS 2 e 3 e $\alpha > -1$ para o CASO 4. Os valores atribuídos a α e β não devem gerar um limite com valor negativo.

Desta forma, para efeito de aplicação do presente estudo de caso, os pesquisadores assumem que os valores de α será 0,03 para q; 0,08 para p e 0,2 para v. Os valores de β será obtido a

partir da média do somatório das $g_j(a)$ de cada critério e o $g_j(a)$ será o valor máximo de cada critério. Sendo assim, a Tabela 6 apresenta os valores calculados dos limites.

Tabela 6 – Cálculo dos Limites

Limites/Critérios	C1	C2	C3
q	36,20	39,44	38,71
p	43,31	46,97	46,68
v	60,87	65,57	66,33

Fonte: Elaborado pelos autores

6. 2 Pesos dos critérios

Os pesos utilizados para cada critério foram estabelecidos pelo DM e são utilizados no sistema vigente na PMERJ, conforme ilustrado na Tabela 7.

Tabela 7- Relação de critérios e peso

Critério	Peso
Letalidade Violenta	3
Roubo de Veículos	2
Roubos de Rua	1

Fonte: Construído com base no Decreto n. 41.931 (2009).

7. Apresentação dos Resultados

Após a aplicação das formulas [1] a [6] com os dados das Tabelas 4, 5, e 6, o software J-Electre processou o método ELECTRE III e apresentou o ranking final ilustrado nas duas primeiras colunas da Tabela 8.

Analisando o resultado observa-se que nas seis primeiras posições do ranking produzido pelo ELECTRE III não houve empate e os três primeiros colocados foram as AISPs: 36, 19, e 28. Em comparação com o SIM, sistema vigente, constatou-se que, no ranking real, onze AISPs empataram em primeiro lugar. No método ELECTRE III, houve empate nas posições 7º, 8º,

9°, 10°, 12°, 14°, 16°, 20°, 23°, e 25°. Em comparação ao método SIM, não foi observado empate após a 1° posição.

Em relação às demais posições pode-se afirmar que houve alteração de colocação final do resultado do ELECTRE III em comparação com o SIM. Esta observação nos conduz a inferir que isto denota o efeito da eliminação da compensação entre os critérios. Ou seja, um resultado melhor em um critério não compensou o resultado ruim em outro. Isto é possível, pois as comparações par a par são efetuadas em relação binária, o que permite a eliminação do efeito compensatório dos critérios.

Uma contribuição objetiva da aplicação do ELECTRE III no presente caso seria a redução do custo da premiação. No modelo vigente foram premiadas 11 AISPs, enquanto que no método proposto seriam premiadas apenas as três primeiras colocações.

Tabela 8 – Comparativo dos rankings produzidos pelo método ELECTRE III e o SIM

ELECTRE III		SIM	
AISP	Ranking	AISP	Ranking
36	1	7	1
19	2	8	1
28	3	11	1
30	4	15	1
11	5	19	1
38	6	21	1
8	7	23	1
15	7	28	1
23	7	30	1
29	7	35	1
7	8	36	1
34	8	32	1
21	9	34	1
22	9	38	2
32	10	22	3
35	10	25	4
25	11	20	5
6	12	29	6
33	12	33	7
10	13	39	8
20	14	37	9
31	14	31	10
37	14	6	11
39	14	27	12
17	15	17	13
12	16	14	14
14	16	10	15
18	17	9	16
5	18	26	17
2	19	2	18
3	20	12	19
9	20	41	20
16	21	5	21
41	22	24	22
24	23	18	23
27	23	16	24
26	24	3	25
4	25	40	26
40	25	4	27

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos resultados do software J-Electre.

8. Considerações Finais

Revisitando o problema desta pesquisa, pode-se considerar respondido. Pois, a aplicação do método ELECTRE III como alternativa mostrou-se viável. Pois, por tratar-se de um método não compensatório, no qual as alternativas são comparadas umas com as outras em uma relação binária, o que não permite que o sucesso em um critério, compense o fracasso em outro critério.

O resultado apresentado demonstrou que não haveria empate nas três primeiras posições, definindo de forma clara as AISP's que deveria ser premiadas. Este resultado impactaria o custo do programa nesta edição, pois 8 AISP's deixariam de ser premiadas.

Referência

- ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J.; ; ROY, B. *ELECTRE TRI-C: A multiple criteria sorting method based an characteristic reference actions. European Journal of Operational Research*, 204(3), pp. 565-580, 2010.
- ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J.; ROY, B. *A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The ELECTRE TRI-nC method. European Journal of Operational Research*, 217(3), pp. 567-579, 2012.
- ASHARI, H.E.; PARSAEI, M. *Application of the multi-criteria decision method ELECTRE III for the Weapon selection. Decision Science Letters*, 3, pp. 511–522, 2014.
- BENAYOUN, R.; ROY, B.; Sussman, N. *Manual de Reference du Programme Electre*. 25. Paris, France: **Note De Synthèse et Formaton**, 1966.
- BERNABEU, Y.A. *Manuel D´utilisation du programme ELECTRE III. Cahier du LAMSADE*, 35, pp. 1-41, 1980.
- DECRETO n 41.930, de 25 de junho de 2009. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2009.
- DECRETO n 41.931, de 25 de junho de 2009. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2009.
- DECRETO n 42.243, de 15 de janeiro de 2010. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2010.
- DECRETO n 42.812, de 19 de janeiro de 2011. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2011.
- DECRETO n 43.055, de 01 de julho de 2011. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2011.
- DECRETO n 43.056, de 01 de julho de 2011. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2011.
- DECRETO n 44.348, de 23 de agosto de 2013. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2013.
- DECRETO n 45.566, de 28 de janeiro de 2016. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Casa Civil, 2016.
- FIGUEIRA, J.R.; GRECO, S.; ROY, B.; SLOWINSKI, R. *An overview of ELECTRE methods and theirs recent extensions. Journal of Multi-Critéria Decision Analysis*, 20(1-2), pp. 61-85, 2013.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; ROY, B.; SLOWINSKI, R. *ELECTRE methods: Main features and recent developments*. In: P. M. PARDALOS; D. HEARN; C. ZOPOUNIDIS, **Handbook of multicriteria analysis: applied optimization** (pp. 51-89). Berlin: Springer, 2010.
- FIGUEIRA, J., MOUSSEOU, V.; ROY, B. *ELECTRE methods*. In: J. FIGUEIRA; S. GRECO; M. EHRGOTT, **Multiple criteria decision analysis: State of the art Survey** (pp. 133-153). New York: Springer, 2005.
- GIANNOULIS, C.; ISHIZAKA, A. *A Web-based Decision Support System with ELECTRE III for a Personalised Ranking of British Universities. Decision Support Systems*, 48(3), pp. 488–497, 2010.
- GOVINDAN, K.; JEPSEN, M.B. (2016). *ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. European Journal of Operational Research*, 250, pp. 1-29.

- HODGETT, R.E. *Comparison of multi-criteria decision-making methods for equipment selection. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(5), pp. 1145–1157, 2016. doi:10.1007/s00170-015-7993-2.
- INFANTE, C.E.; MENDONÇA, F.M.; VALLE, R.A. Análise de robustez com o método Electre III: o caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais. *Gestão & Produção*, 21(2), pp. 245-255, 2014.
- LEONETI, A.B. *Considerations regarding the choice of ranking multiple criteria decision making methods. Pesquisa Operacional*, 36(2), pp. 259-277, 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2016.036.02.0259>.
- LOPEZ, J.C.; NORIEGA, J.J.; CHAVIRA, D.A. *A Multi-Criteria Approach to Rank the Municipalities of the States of Mexico by its Marginalization Level: The Case of Jalisco. International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(2), pp. 473-513, 2017. <http://dx.doi.org/10.1142/S0219622017500080>.
- MONTAZER, G.A.; SAREMI, H.Q.; RAMEZANI, M. *Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection. Expert Systems with Applications*, 36(8), pp. 10837-10847, 2009.
- MOUSSEAU, V. *Compensatoriness of preferences in matching and choice. Cahier du LAMSADE*, p. 16, 1994.
- PEREIRA, V.; COSTA, H.G.; NEPOMUCENO, L.D. **J-Electre (V.1.0) (software)**. Niteroi, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.
- RESOLUÇÃO n 305, de 13 de janeiro de 2010. **DOERJ**. Rio de Janeiro, RJ: Secretaria de Estado de Segurança, 2010.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Paris: Economica, 1993.
- ROY, B. *Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE)*. **RIRO**, 8, 57-75, 1968.
- ROY, B. *ELECTRE III: Un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. Cahiers du CERO*, 20, 3-24, 1978.
- ROY, B.; SLOWINSKI, R. *Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. Cahiers du LAMSADE*, N° 337, 2013.
- ROY, B.; BERTIER, P. *La methode ELECTRE II: Une methode de classement en presence de critterres multiples. SEMA (Metra International)*, Direction Scientifique, Note de Travail No. 142, Paris, 1971.
- ROY, B.; HUGONNARD, J.C. *Classement des prolongements de métro en banlieue parisienne (Présentation d'une méthode multicritère originale)*. **Cahiers du CERO**, 23, 153-171, 1982.
- ROY, B.; SLOWINSKI, R. *ELECTRE IS - Aspects méthodologiques et guide d'utilisation. Cahiers du LAMSADE*, 30, 125p, 1984.
- VALLÉE, D.; ZIELNIEWICZ, P.. *ELECTRE III-IV version 3.x: aspects méthodologiques (tome 1)*. Université Paris-Dauphine, Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision. Paris: **Document du LAMSADE** N° 85, 1994.
- WANG, X.; TRIANTAPHYLLOU, E.. *Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some multi-criteria decision analysis methods*. In: A. BADIRU (Ed.), **Handbook of Industrial and Systems Engineering** (pp. 27-12), 2006.