



## Aplicação do Electre I na Implantação de Polo de Educação a Distância do Instituto Federal Fluminense

Luiz Augusto Caldas Pereira<sup>1</sup>

Carla Nogueira Patrão<sup>2</sup>

Milton Erthal<sup>3</sup>

Grupo de Trabalho: ST2. Cidades, Política Urbana e Processos Sociais

### Resumo

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação prática do método ELECTRE I para apoio à decisão de gestores públicos educacionais, mais precisamente no Instituto Federal Fluminense, na definição de município para implantação de um novo polo de Educação a Distância na Mesorregião Noroeste Fluminense. Para a estruturação do trabalho, foi definido que o conjunto de alternativas possíveis seria formado por municípios que integram a referida mesorregião, excluindo aqueles que já contam com *campus* presencial ou polo de EaD do IFFluminense. O processo decisório foi modelado baseando-se em critérios e pesos atribuídos por especialistas. Os resultados alcançados com a aplicação do método Electre I demonstram a utilidade dos métodos multicritérios de apoio à decisão. O método Electre I, sem prescindir de aspectos ligados ao decisor, favorece a transparência nos processos decisórios dos gestores. Vale renovar, no entanto, a afirmação de que nenhum tipo de instrumento ou ferramenta pode ser considerado pela sua qualidade que supera a condição de deliberador finalístico do decisor.

---

<sup>1</sup> Professor do Instituto Federal Fluminense e doutorando do Programa em Planejamento Regional e Gestão da Cidade, Universidade Candido Mendes, luizcaldas.iff@gmail.com

<sup>2</sup> Assistente Social do Instituto Federal Fluminense e doutoranda do Programa em Planejamento Regional e Gestão da Cidade, Universidade Candido Mendes, cnpatrao@gmail.com

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal Fluminense e da Universidade Candido Mendes, miltonerthal@hotmail.com

**Palavras-chave:** Decisão Multicritério. Electre I. Educação. Formação Profissional.

## Introdução

A Educação a Distância (EaD) tem sido apresentada, no âmbito das políticas educacionais, como alternativa de acesso aos estudantes que não atendem aos requisitos próprios da educação presencial, como a rigidez de horários, a estrutura curricular ou mesmo, a organização da escola. Este descompasso ocorre mais em função das condições de vida do estudante do que pela sua opção.

O tema da EaD ainda tem uma trajetória a percorrer, como política para a educação, se considerarmos a complexidade que envolve a temática, na medida da provocação, dos dias atuais, para desenvolver metodologias que superem as limitações impostas pela realidade que respondam aos desafios de aprendizagem da atualidade e ampliar as oportunidades de ofertas formativas em regiões interioranas com maior dificuldade para o ensino presencial.

Recentemente, Aquino, Pereira e Erthal (2017) propuseram um modelo multicriterial para subsidiar o processo decisório de abertura de novos polos de EaD do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense). Neste trabalho, os autores utilizaram o Método de Análise Hierárquica (AHP) com objetivo de subsidiar a distribuição de seis polos EaD nas três mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro de atuação do IFFluminense. Esta ferramenta foi relevante ao apresentar uma proposta de partilha dos polos, que sugeriu a implantação de um polo EaD na mesorregião Noroeste Fluminense, dois no Norte Fluminense e três nas Baixadas Litorâneas, excluindo os municípios que já contam com *campus* presencial ou polo de EaD do IFFluminense.

No entanto, a definição destes seis municípios ficou em aberto com o estudo conduzido por Aquino, Pereira e Erthal (2017), o que motivou a continuidade da pesquisa a fim de se definir a localização destes novos polos EaD. Assim, este artigo tem como objetivo propor a aplicação de um modelo de decisão que auxilie os gestores educacionais a definirem os municípios para implantação de novos polos de EaD. Na tentativa de se obter um conjunto de alternativas viáveis de escolha, os autores optaram pelo método Electre I, uma vez que este método atende às características do problema, com diversas alternativas a serem escolhidas em função de mais de um parâmetro; como também vem sendo muito utilizado para problemas de localização. Desta forma, foi definida a mesorregião Noroeste Fluminense para a modelagem do problema, considerando que, dentre as três mesorregiões de atuação do IFFluminense, esta tem sido historicamente a de menor alcance dos investimentos públicos. Vale ressaltar que a presente proposta metodológica tem, entre os seus objetivos, a possibilidade de ser replicada para as outras mesorregiões, como também ser utilizada por outras instituições federais de educação profissional e tecnológica.

Para o desenvolvimento deste estudo, o processo decisório será modelado com base nos cinco critérios a seguir: o número de habitantes na faixa etária de 15 a 39 anos, o número de matrículas no ensino médio por município, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) municipal referente à 8<sup>o</sup> série e ao 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e a distância rodoviária entre municípios.

Este Artigo está estruturado da seguinte forma: inicialmente o método Electre I será descrito, em seguida é explicada a metodologia adotada, a aplicação do método para a definição do município, e por fim, o resultado e as considerações finais.

## **Referencial Teórico**

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é utilizado em situações (problemas ou oportunidades) em que o decisor precisa analisar um conjunto de alternativas, considerando critérios que se complementam ou são

conflitantes entre si. Assim, o AMD apresenta soluções para problemas complexos que servem de apoio ao decisor, identificando alternativas viáveis de ação (ALMEIDA, 2013).

Os métodos de AMD são estruturados com alguns elementos relevantes que compõem o processo decisório: a) *decisor* - que pode ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos com atribuição de avaliar as alternativas disponíveis para fazer a melhor escolha; b) *analista* - indivíduo ou equipe responsável pela modelagem do problema e que irá recomendar a melhor solução; c) *alternativas* - que formam o conjunto sobre a qual a escolha será realizada; d) *atributos ou critérios* - que são os eixos de avaliação que vão direcionar a análise das alternativas para a melhor escolha; e) *pesos* - que são as medidas da importância relativa que cada critério tem para o decisor; f) *tipos de problema* - que são apresentados no Quadro 1 (GOMES *et al*, 2004).

Quadro 1: Tipos de problema comuns na tomada de decisão multicriterial

Problema	Problemática abordada
P( $\alpha$ )	Selecionar a “melhor” alternativa ou as melhores alternativas
P( $\beta$ )	Aceitar alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”, isto é, classificar as alternativas
P( $\gamma$ )	Gerar uma ordenação das alternativas
P( $\delta$ )	Realizar uma descrição das alternativas

Fonte: Gomes *et al* (2004).

Atualmente existem muitas metodologias em AMD, que se aplicam aos mais diversos problemas. Neste Artigo, tendo como base as características do problema de pesquisa, o enfoque foi sobre a Escola Francesa de AMD, que tem a família Electre (*Elimination et Choix Traduissamt la Réalité*), proposta por Bernard Roy na década de 1960, como um dos principais métodos (FIGUEIRA *et al.*, 2005). O método Electre vem sendo aprimorado com outras ferramentas da Pesquisa Operacional, tornando-o um dos métodos mais utilizados atualmente. Há várias versões do método Electre (I, II, III, IV, IS e TRI), sendo que todas seguem o mesmo princípio de sobreclassificação, *outranking* ou *surclassment*, em que há superação ou prevalência entre as alternativas.

O Electre I é apropriado para problemas do tipo P $\alpha$ , sendo, portanto, apropriado para se determinar um subconjunto que contenha as melhores alternativas. Este método estabelece um mínimo subconjunto dominante (K), que contém pelo menos uma alternativa que não é superada por nenhuma

outra (MELLO *et al.*, 2005; SIQUEIRA e FILHO, 2011). Ao contrário dos métodos da escola americana, como o AHP e a teoria multiatributo, em que as comparações são realizadas por agregação, os métodos da família ELECTRE, da escola francesa, utilizam a noção de relação de superação (*outraking methods*). Segundo Roy e Bouyssou (1993), a obtenção de uma solução robusta a partir do Electre I implica atender os seguintes axiomas: a) da *exaustividade*, que consiste na descrição do problema com atenção a todos os pontos relevantes; b) da *coesão*, que é a análise precisa da importância das alternativas em cada critério; c) e a *não redundância*, que consiste na eliminação de itens que possuem características similares a outros.

Conforme afirma Elgün (2011), há várias possibilidades de responder a problemas que envolvem a escolha de locais, que vão desde os métodos intuitivos àqueles que têm como suporte modelos estatísticos e matemáticos. Dentre os métodos multicritério, o autor cita, para estes casos, o Processo de Análise Hierárquica (AHP), o Método Delphi e o Método ELECTRE.

Segundo Costa (2016) e Almeida (2016), o método Electre I pode ser dividido em duas etapas. Na primeira determinam-se as relações de sobreclassificação (*outranking*), a partir da comparação par a par entre as alternativas. Esta comparação é estabelecida por uma relação de superação, onde uma determinada alternativa *a* supera a alternativa *b* ( $aSb$ ) se *a* for, pelo menos, tão boa quanto *b*. Na segunda etapa, estas relações são exploradas com a finalidade de se obter um subconjunto de alternativas que represente a solução do problema. O conjunto de alternativas escolhido não deve ser sobreclassificado por nenhum outro conjunto.

Outros métodos da família Electre usam outras relações de preferências, além da superação ( $aSb$ ), como a preferência estrita ( $aPb$ ), preferência fraca ( $aQb$ ) ou indiferença ( $aIb$ ) (GOMES *et al.*, 2004). Em alguns casos, há conjuntos que são incomparáveis, o que resulta em mais de uma solução para o problema.

A construção das relações de sobreclassificação baseia-se nos índices de concordância e discordância. O índice de concordância,  $C(a,b)$ , definido pela equação 1, é obtido pela soma de todos os pesos dos critérios *i* no caso em que a alternativa *a* supere *b* ( $aSb$ ), isto é, *a* tem a maior parte dos pesos dos critérios a seu favor.

$$C(a, b) = \sum_{i: g_i(a) \geq g_i(b)} p_i, \text{ sendo } \sum_i p_i = 1 \quad [\text{Eq. 1}]$$

O índice de discordância  $D(a,b)$ , calculado pela equação 2, representa a desvantagem da alternativa  $a$  em relação à alternativa  $b$ , para os critérios em que  $b$  é o vencedor. De forma prática, o índice de discordância pode ser entendido como um veto à concordância de que  $a \succ b$ , calculada por  $C(a,b)$ . Por analogia, é como ouvir e reconhecer as minorias, ou seja, dar notoriedade aos critérios onde  $b$  é vencedor, para o caso da vantagem de  $b$  estar 'acima de certo valor admissível para qualquer desses critérios' (ALMEIDA, 2013, p. 113). Ambos os índices devem ser normalizados para que sejam analisados em uma escala de valor entre 0 e 1.

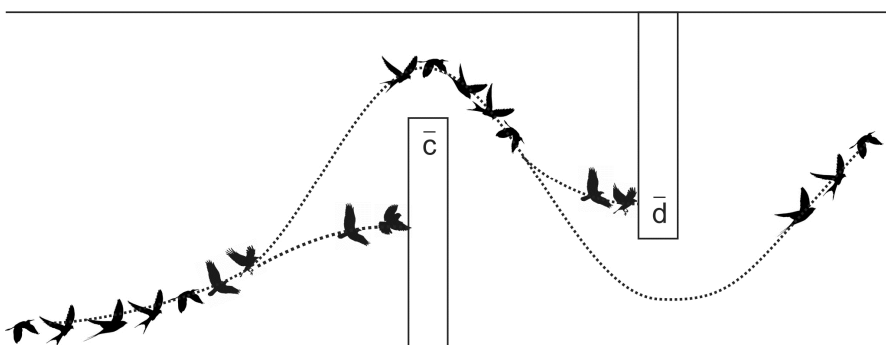
$$D(a, b) = \max \left[ \frac{g_i(b) - g_i(a)}{\text{Escala}_i} \right], \forall i: g_i(b) > g_i(a) \quad [\text{Eq. 2}]$$

De acordo com Bernard Roy (COSTA, 2016), para que se tenha a relação de sobreclassificação é necessário que se atendam a duas condições:

$$a \succ b \text{ se e somente se } \left. \begin{array}{l} C(a,b) \geq \bar{c} \\ D(a,b) \leq \bar{d} \end{array} \right\} \quad [\text{Eq. 3}]$$

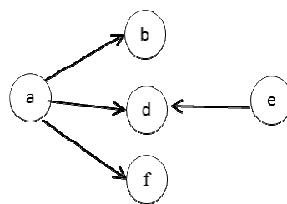
A Figura 1 ilustra estas duas condições. O bando de pássaros é tomado como exemplo para, por analogia, representar o conjunto de alternativas de uma situação-problema. Conforme se observa, nem todos os sete pássaros conseguem atender, simultaneamente, às duas condições, ou seja, superar os obstáculos  $\bar{c}$  e  $\bar{d}$ . Desta forma, os três pássaros que conseguem tal feito, assumem, portanto, a relação  $a$  supera  $b$ .

Figura 1: Representação da relação 'a' supera 'b' em um dado critério



Após a construção das relações de superação entre cada par de alternativas, são construídos grafos no método Electre I, conforme exemplificado na Figura 2.

Figura 2: Relações de sobreclassificação



Fonte: Costa (2016).

A partir da construção do grafo, o Electre I divide o conjunto de alternativas em dois subconjuntos: um subconjunto não-dominado (N) e um **dominado** (D), tendo duas regras a seguir:

- Regra 1: não há relação de sobreclassificação (*outranking*) entre todas as alternativas em N.
- Regra 2: todas as alternativas em D são superadas por, pelo menos, uma alternativa em N.

A escolha das alternativas está fundamentada na teoria de grafos. Importante destacar que o sentido da seta é referência indicativa da condição de sobreclassificação. Observando-se a Figura 2, as setas com origem em *a* e em *e* significam que estes dois elementos são tomados como sobreclassificadores. Do outro lado, as setas que têm como destino *b*, *d* e *f* define-os como sobreclassificados.

Assim, aplicando-se as regras 1 e 2 acima sobre o grafo da Figura 2, temos os seguintes subconjuntos:

$$N = \{a; e\}$$
$$D = \{b; d; f\}$$

Importante ressaltar que os resultados do Electre I implicam que o conjunto N ultrapassa o subconjunto D, o que não implica que todas as alternativas em

N sobreclassificam todas as alternativas em D. Assim, Electre I resulta em uma relação *outranking* entre os conjuntos N e D e não, a relação entre alternativas individualmente (COSTA, 2016).

Segundo Roy e Bouyssou (1993), o método Electre I deve ser difundido em várias áreas. Primeiro, devido ao conceito de sobreclassificação que está contido nele. E segundo, pelo alto grau de simplicidade das fórmulas que definem um sistema e que já foram bem sucedidas em esclarecer problemas de apoio à decisão multicritério cada vez mais complexos com o passar do tempo.

## Procedimentos Metodológicos

O Artigo refere-se a uma pesquisa descritiva e aplicada (SILVA e MENEZES, 2005, p.20), com objetivo de resolver um problema real de uma instituição de ensino que precisa definir o município para a implantação de polos de EaD no Noroeste Fluminense.

A etapa metodológica foi estruturada em quatro fases. Primeiro, foram identificados os critérios relevantes para a definição de em qual município deve ser implantado novo polo EaD do IFFluminense<sup>4</sup>. Em seguida, foi aplicado questionário a três especialistas com a finalidade de conferir notas (de 01 a 10) aos critérios. Após esta etapa, os autores, com base nas notas dadas pelos especialistas, distribuíram pesos de 01 a 05 a cada critério. E por fim, foram aplicadas as fórmulas do método Electre I para solucionar o problema de localização do polo EaD do IFFluminense na mesorregião Noroeste Fluminense.

A situação-problema apresentada neste Artigo estrutura-se em elementos básicos, relevantes que compõem o processo decisório:

- Decisor: Conselho Superior do IFFluminense, órgão superior, de caráter consultivo e deliberativo;
- Analista: os autores deste Artigo;
- Alternativas: o conjunto de 08 municípios da mesorregião, à exceção daqueles municípios com *campi* presenciais ou com polo de EaD já instituído (ver Quadro 2);

---

<sup>4</sup> Mais informações ver <sup>4</sup> <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/5296>.



- Atributos ou critérios: critérios apresentados no Quadro 3;
- Pesos dos critérios: pesos atribuídos de 01 a 05, considerando a avaliação de 3 especialistas;
- Tipo de problema: localizar, a partir de multicritério, em qual município do Noroeste Fluminense deve ser implantado o novo polo EaD do IFFluminense.

Quadro 2: Quadro-síntese do estudo

Problema	Nº de municípios	Mesorregião	Alternativas
I	01	Noroeste Fluminense	Italva Laje do Muriaé Natividade Porciúncula Varre-Sai Aperibé São José de Ubá Itaocara

Fonte: Autoria própria.

### **Critérios**

A técnica de coleta de dados desta pesquisa foi realizada em bases de dados (IBGE, INEP, PNUD), softwares (*Google Earth*) e por aplicação de questionários. As bases de dados e o aplicativo *Google Earth* foram usados para a obtenção das variáveis sobre os critérios usados no problema apresentado (Quadro 3).

Quadro 3: Variáveis, justificativas e fontes utilizadas para resolução do problema

Variável (critério)	Justificativa dos critérios	Fonte	Direção do vetor
Número de habitantes na faixa etária de 15 a 39 anos	O Censo EaD Brasil 2012 aponta que 93% dos estudantes em cursos de EaD estão na faixa etária de 18 a 40 anos. Assim, por aproximação dos dados disponibilizados por faixa etária pelo IBGE, adotou-se a faixa de 15 a 39 anos.	IBGE/ Censo 2010	Maximização
Número de matrículas no ensino médio por município no ano de 2015	A educação profissional se apresenta como alternativa de profissionalização para jovens e adultos no decorrer do ensino médio.	INEP/MEC	Maximização
Índice de Desenvolvimento da	O IDEB é calculado a partir de dois componentes: a taxa de rendimento	INEP/MEC	<b>Maximização</b>

Educação Básica (IDEB) municipal referente à 8º série e ao 9º ano do Ensino Fundamental no ano de 2015	escolar (aprovação) e as médias de desempenho na Prova Brasil, no caso de escolas e municípios. Assim, este índice reflete a efetividade de políticas públicas de valorização deste nível educacional, no âmbito do município.		
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 2010	O IDHM considera em seu cálculo três componentes: longevidade, educação e renda e, muitas vezes, uma alteração positiva no índice não significa que os três elementos se movimentaram no mesmo sentido, mesmo que seja já consagrada a relação diretamente relacionada entre os elementos. Assim, na resolução do problema, o IDHM será o único critério analisado em sentido contrário, ou seja, quanto menor o IDHM, mais valorizado será o critério no contexto.	PNUD	Minimização
Distância rodoviária entre municípios	Dentro da perspectiva de integração territorial dos Institutos Federais, a distância entre municípios visa valorizar municípios mais distantes dos atuais <i>campi</i> e polos EaD do IFFluminense em que as oportunidades de acesso à formação profissional são menos acessíveis.	Google Earth	Maximização

Fonte: Autoria própria.

Com a finalidade de atribuir pesos aos critérios, primeiro, foi aplicado questionário para que especialistas avaliassem as variáveis referentes à situação-problema, considerando intervalo de notas de 01 a 10. A partir desta avaliação, os autores correlacionaram as notas aos graus de importância (baixo, moderado e alto). A partir desta correlação, atribui-se os pesos de 01 a 05 aos critérios, observando-se o grau de importância majoritário em cada critério. Em seguida, como apresentado na Tabela 1, procedeu-se à normalização dos pesos dos critérios, processo em que há uma transformação na escala de avaliação, com intervalo de (0,1), em que o valor zero significa a menor preferência e o valor 1, a maior preferência (ALMEIDA, 2013). Os pesos normalizados são utilizados na resolução dos problemas deste Artigo.

Tabela 1: Tratamento referente aos pesos dos critérios

Esp.*	Nº de habitantes	Nº de matrículas no ensino médio	IDEB municipal	IDHM	Distância rodoviária entre municípios
	Grau de	Grau de	Grau de	Grau de	Grau de

	importância	importância	importância	importância	importância
A	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado
B	Baixo	Alto	Moderado	Moderado	Alto
C	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Alto
Pesos	1	2	3	4	5
Pesos normalizados	0,067	0,267	0,133	0,200	0,333

\* Especialistas

Fonte: Autoria própria.

Segundo visão dos especialistas, o critério ‘distância rodoviária’ que refere-se à distância rodoviária entre a cidade candidata a receber um polo de EaD e o *campus* mais próximo do IFFluminense, representa a condição majoritária do grau de importância alto e, por esta razão, recebeu peso 5. Os critérios ‘IDHM’ e o ‘IDEB’ receberam a mesma avaliação (duas avaliações moderadas e uma baixa), o que deveria se traduzir em pesos iguais. Neste caso, os autores optaram em atribuir peso 4 para ‘IDHM’ e peso 3 para ‘IDEB’, considerando que o IDEB é consequência de uma condição mais ajustada ao desempenho do IDHM, na medida em que o desenvolvimento humano está atrelado também às condições favoráveis na educação escolar, o que afeta a qualidade de vida das pessoas. Por fim, os critérios ‘Nº de habitantes’ e ‘Nº de matrículas no ensino médio’ também deveriam ter ponderações de pesos semelhantes, pois receberam duas avaliações baixas e uma alta. Assim, os autores atribuíram os pesos 1 e 2 aos critérios, respectivamente; justificando pela natureza do problema, por se tratar de uma política educacional, ou seja, número de matrículas impulsiona a demanda por formação profissional.

## Resultados

O problema de localização de polos EaD caracteriza-se por uma situação típica de aplicação de método multicritério de auxílio à decisão. O problema abordado neste trabalho propõe-se a selecionar um município na mesorregião Noroeste Fluminense. A Tabela 2 apresenta o desempenho dos municípios candidatos a receber um polo EaD. Outros municípios localizados nesta mesma região, já contemplados com pelo menos uma unidade do IFFluminense, foram excluídos do conjunto de alternativas.

Pode-se observar na Tabela 2 que os municípios de Porciúncula (A4) e Itaocara (A8) se destacam nos critérios ‘Habitantes’ e ‘Matrículas EM’. Os municípios de Varre-Sai (A5) se destaca no critério ‘Distância rodoviária’, enquanto que Natividade (A3) e Itaocara (A8) se destacam no critério ‘IDHM’ e Laje do Muriaé no IDEB.

**Tabela 2:** Desempenho das alternativas (An) a luz dos critérios. Entre parênteses os valores normalizados

Alternativas	Critérios				
	Habitantes <sup>5</sup> (número total)	IDHM	Matrículas EM (número total)	IDEB	Distância rodoviária (em Km)
Italva (A1)	5.144 (0,214)	0,688 (0,125)	408 (0,118)	5,2 (0,144)	42,8 <sup>1</sup> (0,161)
Laje do Muriaé (A2)	2.838 (0,130)	0,668 (0,121)	256 (0,074)	3,8 (0,105)	31,5 <sup>1</sup> (0,119)
Natividade (A3)	5.587 (0,072)	0,730 (0,133)	519 (0,150)	4,4 (0,122)	32,2 <sup>1</sup> (0,121)
Porciúncula (A4)	6.862 (0,141)	0,697 (0,127)	603 (0,174)	4,5 (0,125)	43,5 <sup>1</sup> (0,164)
Varre-Sai (A5)	3.919 (0,173)	0,659 (0,120)	336 (0,097)	4,1 (0,114)	50,0 <sup>1</sup> (0,188)
Aperibé (A6)	4.014 (0,099)	0,692 (0,126)	296 (0,086)	4,9 (0,136)	16,1 <sup>2</sup> (0,061)
São José de Ubá (A7)	2.803 (0,101)	0,652 (0,119)	242 (0,070)	4,2 (0,116)	28,4 <sup>1</sup> (0,107)
Itaocara (A8)	8.484 (0,071)	0,713 (0,130)	802 (0,232)	5,0 (0,139)	21,3 <sup>2</sup> (0,080)

Legenda: <sup>1</sup> = Distância entre o município e aquele com *campus* presencial mais próximo, neste caso, o município de Itaperuna; <sup>2</sup> = Distância entre o município e aquele com *campus* presencial mais próximo, neste caso, o município de Santo Antônio de Pádua; IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; IDEB = Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, Matrículas EM = matrículas no Ensino Médio.

Fonte: Os autores com base nos dados do IBGE, INEP, PNUD e *Google Earth*.

A Figura 3 apresenta a matriz de concordância do problema, que apresenta os valores em que se assume uma relação de superação entre alternativas em uma comparação pareada dentro de cada critério. A Figura 4, por outro lado, apresenta as situações onde a relação de superação, dentro de

<sup>5</sup> Entre 15 e 39 anos.

um determinado intervalo 'q', é aceitável. Neste trabalho o valor de 'q' foi de 0,2.

A Figura 5 apresenta a matriz de superação, que é elaborada a partir das matrizes de concordância (Figura 3) e de discordância (Figura 4).

Figura 3: Matriz de Concordância

$$C = \begin{bmatrix} & 0,733 & 0,800 & 0,467 & 0,400 & 1 & 0,733 & 0,800 \\ 0,267 & & 0,267 & 0,267 & 0 & 0,600 & 0,533 & 0,600 \\ 0,200 & 0,733 & & 0 & 0,400 & 0,533 & 0,733 & 0,333 \\ 0,533 & 0,733 & 1 & & 0,400 & 0,533 & 0,733 & 0,600 \\ 0,600 & 1 & 0,600 & 0,600 & & 0,733 & 0,533 & 0,600 \\ 0 & 0,400 & 0,467 & 0,467 & 0,267 & & 0,400 & 0,267 \\ 0,267 & 0,467 & 0,267 & 0,267 & 0,467 & 0,600 & & 0,600 \\ 0,200 & 0,400 & 0,667 & 0,400 & 0,400 & 0,733 & 0,400 & \end{bmatrix}$$

Fonte: Autoria própria.

Figura 4: Matriz de Discordância

$$D = \begin{bmatrix} & 0,022 & 0,198 & 0,348 & 0,167 & 0 & 0,040 & 0,704 \\ 0,360 & & 0,470 & 0,627 & 0,430 & 0,188 & 0,068 & 0,975 \\ 0,247 & 0,070 & & 0,263 & 0,414 & 0,085 & 0,088 & 0,505 \\ 0,120 & 0,033 & 0 & & 0,151 & 0,068 & 0,051 & 0,355 \\ 0,191 & 0 & 0,327 & 0,477 & & 0,137 & 0,017 & 0,832 \\ 0,621 & 0,358 & 0,398 & 0,637 & 0,788 & & 0,286 & 0,904 \\ 0,365 & 0,072 & 0,495 & 0,645 & 0,502 & 0,189 & & 1 \\ 0,500 & 0,237 & 0,254 & 0,516 & 0,668 & 0,024 & 0,165 & \end{bmatrix}$$

Fonte: Autoria própria.

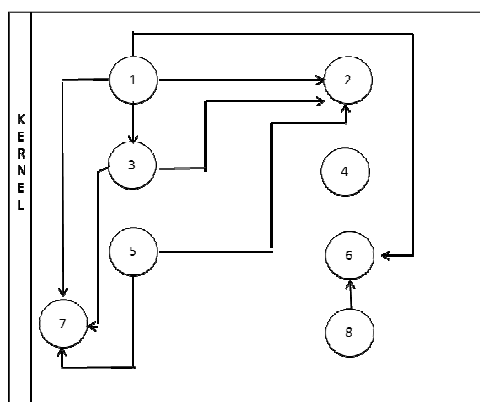
Figura 5: Matriz de Superação

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	–	1	1	0	0	1	1	0
A2	0	–	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	–	0	0	0	1	0
A4	0	0	0	–	0	0	0	0
A5	0	1	0	0	–	0	1	0
A6	0	0	0	0	0	–	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	–	0
A	0	0	0	0	0	1	0	–

Fonte: Autoria própria.

A partir da análise do grafo da Figura 6, que apresenta o kernel das relações de superação apresentados na Figura 5, há 04 (quatro) municípios que se encontram no subconjunto não-dominado: Italva, Porciúncula, Varre-Sai e Itaocara para escolher 01 (um) município na mesorregião Noroeste Fluminense. Neste caso, em que 04 (quatro) municípios ficaram nas mesmas posições de melhores alternativas e o problema recai sobre a definição de apenas um, fica demonstrado que o AMD, em qualquer situação, não prescinde da manifestação e posicionamento do decisor. Neste caso, também se apresenta como possibilidade, a aplicação de método multicritério, especificamente, para escolha do município dentre as 04 (quatro) alternativas. Os métodos Electre III ou o método AHP, úteis para a seleção de uma única alternativa de ação, poderiam ser aplicados para auxiliar o gestor na tomada de decisão do problema.

Figura 6: Relação de sobreclassificação das alternativas



Fonte: Autoria própria.

## Considerações Finais

O presente Artigo aborda a problemática de localização de um polo EaD em município integrante da mesorregião Noroeste Fluminense para uma instituição de educação profissional e tecnológica. O resultado alcançado com a aplicação da metodologia Electre I demonstra a utilidade dos métodos multicritérios de apoio à decisão. No entanto, o método apresenta um grau de

subjetividade na definição dos limiares de concordância e discordância, e que pode influenciar no resultado final. Considerando o resultado, pode-se observar que o método multicritério ELECTRE I de apoio à decisão indica um número de alternativas de ação maior do que o número possível de polo a ser implantado.

O método Electre I, sem prescindir de aspectos ligados ao decisor, favorece a transparência nos processos decisórios dos gestores. Porém, vale renovar a afirmação de que nenhum tipo de instrumento ou ferramenta pode ser considerado pela sua qualidade que supera a condição de deliberador finalístico do decisor. Supondo que o resultado tivesse coincido com o número proposto de polo EaD para a mesorregião, ou seja, a escolha de um município não significa que o gestor acatará de forma plena esta sugestão como sua decisão final, uma vez que há outros fatores que podem contribuir ou não para a validação dos resultados. Ainda sobre o aspecto locacional, sugere-se a aplicação de métodos AMD para definição da microlocalização, ou seja, em que local do município deve ser implantado o polo EaD.

Em termos de AMD, a escola americana e a francesa têm se destacado. A francesa, com mais evidência nos métodos Electre e Promethee, e no caso americano, o método AHP. A literatura não deixa muito claro qual método multicritério é mais indicado para as diversas problemáticas. No entanto, é inegável que há uma diferença que reside na concepção do método, uma vez que, a escola americana atua mais na questão do ordenamento, de forma mais classificatória e hierarquizada, enquanto o princípio da escola francesa, ainda que não impeça estabelecer a relação hierárquica, ressalta mais o aspecto coletivo, ou seja, evidencia menos a hierarquia, na medida em que o Electre I se define como um método que escolhe o conjunto das melhores alternativas dentro das alternativas apresentadas. De forma preliminar, consegue-se intuir esta diferença como reflexo do *modus vivendi* das sociedades americana e europeia, em que aspectos de competitividade e de hierarquização estão matizados na cultura americana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

ALMEIDA, Adiel Teixeira. *et al.* A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 179-191, 2016.

AQUINO, C. N. P.; PEREIRA, L. A. C.; ERTHAL JUNIOR, M. Modelagem multicritério para estabelecimento de polos de Educação a Distância nas mesorregiões do Instituto Federal Fluminense. **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 13, n. 28, p. 90-110, mai./ago. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/5296/pdf>>. Acesso em: 20 de mai. 2017.

ARAÚJO, Jéfferson Jesus de; AMARAL, Thiago Magalhães. Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de software livre. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, ano 11, n. 2, abr-jun/2016, p. 121-137.

COSTA, Helder Gomes. Graphical interpretation of outranking principles: Avoiding misinterpretation results from ELECTRE I. **Journal of Modelling in Management**, v. 11, n. 1, pp.26-42, 2016.

ELGÜN, Mahmut Nevfel. The Foundation Basis And Selection of Set Up Locations of Freight Villages in The National And International Transportation & Trade. **Journal of Economics & Administrative Science**, v. 13(2), pp. 203-226, 2011.

FIGUEIRA, José; MOUSSEAU, Vincent, ROY, Bernard. ELECTRE Methods. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. International Series in Operations Research & Management Science. Boston: Springer Science+Business Media; pp. 133-162, 2005.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecilia González; CARRIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Thomson, 2004.

HELMANN, Kurt Schamme; MARÇAL, Rui Francisco Martins. Método multicritério de apoio à decisão na gestão da manutenção: aplicação do método ELECTRE na seleção de equipamentos críticos para processo. **Revista Gestão Industrial**, v. 03, n. 01, p. 123-133, 2007.

LEITE, Igor Michel Santos; FREITAS, Felipe Fonseca Tavares de. Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério a decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais ...Bento Gonçalves: ABEPRO**, 2012, 11 p.



MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de. *et al.* Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 World Championship. In: **Cadernos EBAPE.BR.**, v. 3, n. 2, p. 1-8, 2005.

MENDONÇA, Fabricio Molica de; INFANTE, Carlos Eduardo Durange de C.; VALLE, Rogerio Aragão B. do. Aplicação do método ELECTRE III na avaliação de desempenho de redes de empresas produtoras de artesanato: o caso da região de Minas Gerais. **Revista Symposium**, ed. 16, v. 8, n. 2, p 65-81, Jul/Dez 2010.

ROY, Bernard. Paradigms and Challenges. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. International Series in Operations Research & Management Science. Boston: Springer Science+Bussines Media; 2005.

ROY, B. ; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision: méthodes et cas**. Paris: Econômica, 1993.

SIQUEIRA, G. B. A., FILHO A. T. D. A. Aplicação do método ELECTRE I para seleção de ideias de inovação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 43, 2011, 15-18 ago, Ubatuba-SP. **Anais...** Ubatuba-SP: SBPO, 2012. p.3322-3332. Disponível em:  
<<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2011/pdf/88080.pdf> >.

SILVA, E.L. ; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 138p, 2005.