



## Avaliação multicritério para localização de uma planta dosadora de Concreto

### Multicriteria evaluation for the location of a concrete batching plant

Mateus de Oliveira Queiroz<sup>1</sup>

Luís Alberto Duncan Rangel<sup>2</sup>

**Resumo:** Com a demanda por novas construções shoppings, condomínios de prédios e casas crescendo nas cidades é de grande importância a instalação de uma usina dosadora de concreto próxima às obras. Mostra-se no artigo uma metodologia para definir a localização mais apropriada para esta indústria levando em consideração as alternativas disponíveis, o perfil do decisor, as definições dos critérios e seus pesos, além do método adequado para análise. É apresentado neste trabalho o desenvolvimento do método Prométhée II, assim como a definição dos critérios, suas escalas e pesos para o caso real específico de acordo com opiniões de especialistas da área, também foi realizada uma análise de sensibilidade após implantação. A localização mais indicada para a empresa foi um terreno em um bairro afastado de residências e com excelentes vias para escoamento da produção, apesar de possuir relevo ruim e tamanho mínimo para a construção.

**Palavras-chave:** Avaliação multicritério; Prométhée II; Concreteira; Usina dosadora de concreto.

<sup>1</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

<sup>2</sup> UFF – Universidade Federal Fluminense

**Abstract:** With the demand for new constructions shopping malls, condominiums with buildings and houses growing in the cities it is very important the installation of a concrete batching plant next to the works. The article shows a methodology to define the most appropriate location for this industry, considering the available alternatives, the decision maker profile, the definitions of the criteria and their weights, besides the appropriate method for analysis. It is presented in this paper the development of the Prométhée II method, as well as the definition of the criteria, their scales and weights for the specific real case according to the opinions of specialists of the area, a sensitivity analysis was also performed after implantation. The most suitable location for the company was a land in a neighborhood away from residences and with excellent roads to run the production, despite having bad relief and the minimum size for construction.

**Keywords:** Multicriteria evaluation; Prométhée II; Concrete plant; Concrete batching plant.

---

## 1. Introdução

O Brasil vem sofrendo significativa expansão ao longo dos últimos anos em relação a construção de novos shoppings e condomínios residenciais, assim como infraestrutura.

Algumas obras em fase de execução podem ser vistas nas cidades, também há indícios de novos projetos de empreendimentos em fase de planejamento que logo serão implementados.

Todo esse crescimento da indústria da construção civil nas cidades requer subsídios para sua manutenção. É necessário haver na região toda uma cadeia de suprimentos que satisfaça esse mercado de modo a garantir seus insumos.

Para a construção em larga escala é de extrema valia a utilização do concreto dosado em central (CDC), também chamado de concreto usinado. Para tanto, ter empresas prestadoras de serviços de concretagem (concreteiras) próximas às obras se torna imprescindível.

A Associação Brasileira de Serviço de Concretagem, ABESC (2018), explica que o concreto dosado segue normas da ABNT (como a norma ABNT NBR 7212:2012 - Execução de concreto dosado em central — Procedimento) e é feito para atender cada tipo de obra específica. A Associação afirma ainda que este concreto é econômico, além de seguro e prático.

Este trabalho busca indicar a melhor localização para a instalação de uma concreteira, assim como demonstrar a utilização de um método de avaliação multicritério para o caso. A partir da análise define-se a localização mais indicada para a instalação da planta.

## 2. Referencial Teórico

Para atender ao objetivo proposto é necessário um método de análise que elabore um ranking das alternativas, de modo a não haver empate. Estes problemas são classificados como tipo  $\gamma$ .

Para a utilização do método é necessário haver alternativas e critérios definidos para a escolha. Estes critérios se tornam base para a comparação das localidades à venda encontradas. Cada critério apresenta um dado nível de importância relativa perante aos demais, pesos.

As alternativas apresentam atributos (valores) para cada critério. Através destes valores se torna simples suas comparações dentro de um único critério, sabendo-se que o melhor para o critério será o valor máximo ou mínimo apresentado, de acordo com o caráter do juízo. Mas, nosso viés neste artigo é contrapor as opções mediante a análise de todos os critérios em um só momento, ou seja, realizar uma análise multicritério para apoio à tomada de decisão.

Com o intuito de obter uma ordenação completa das alternativas utilizou-se neste trabalho o método Prométhée II. Nesta seção explicam-se brevemente os conceitos para sua aplicação.

O método em questão foi introduzido por Brans, Mareschal e Vincke em 1984 na revista *Operational Research*. Reforçando sua aplicação, em 1986 Mladineo, Margeta, Brans e Mareschal publicaram na *European Journal of Operational Research* um artigo com demonstrações de como utilizar o método para escolher as localizações mais adequadas para hidroelétricas de pequeno porte.

Segundo Andreopoulou et al. (2018) a vantagem do método é permitir que o Tomador de Decisão (TD) leve em consideração valores não compensatórios além de permitir a incomparabilidade na análise. Zopounidis, Lemonakis, Andreopoulou e Koliouka (2014) complementam que a construção das relações de ranqueamento precisam de especificação de uma quantidade considerável de informação que nem sempre é fácil de se obter.

Resumidamente o método Prométhée II apresenta os seguintes passos: 1) estabelecer matriz de critério e alternativas, 2) selecionar as funções de preferência, c) definir os pesos dos critérios, 4) definir a ordem parcial ( $\phi+$  e  $\phi-$ ), 5) definir a ordem completa ( $\phi$ ) e 6) ranquear as alternativas (BABAEI; GHAZAVI; ERFANIAN, 2018 apud. FIGUEIRA et al., 2005). Segue explicação detalhada.

No presente trabalho utiliza-se como base o artigo de Andreopoulou (2018). O método empregado é o mesmo de Vincke e Brans (1985) e Brans et al. (1986).

Como forma de comparar as diferentes localizações, alternativas ( $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ ), são definidos critérios ( $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ ), conjunto de características comuns entre os locais.

Através do método Prométhée (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) pode-se resolver um problema de decisão onde uma quantidade finita de alternativas comparáveis pode ser avaliada conforme critérios que se opõem. As alternativas são estimadas na Tabela 1.

Tabela 1: Avaliação das Alternativas

$a^*$	$g_1(a^*)$	$g_2(a^*)$	...	$g_j(a^*)$	...	$g_k(a^*)$
$a_1$	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	$g_j(a_1)$	...	$g_k(a_1)$
$a_2$	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_j(a_2)$	...	$g_k(a_2)$
.	.	.	.	.	.	.
$a_i$	$g_1(a_i)$	$g_2(a_i)$	...	$g_j(a_i)$	...	$g_k(a_i)$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
$a_n$	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	...	$g_j(a_n)$	...	$g_k(a_n)$

Fonte: Andreopoulou et al. (2018) apud. Brans and Mareschal (2005).

O método Prométhée fornece uma solução baseada na Tabela 1, além da importância dos critérios considerados pelos decisores, e no problema multicritério com emprego da Equação (1). A ordenação é realizada da melhor para a pior alternativa.

$$\max \{ g_1(a), g_2(a), g_3(a), \dots, g_j(a), \dots, g_k(a) \mid a \in A \} \quad (1)$$

em que:

“A” é um conjunto finito de alternativas; e,

$\{g_1(a), g_2(a), g_3(a), \dots, g_j(a), \dots, g_k(a)\}$  é o conjunto de critérios.

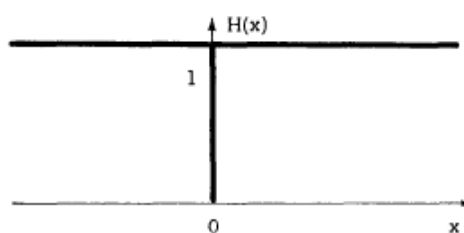
Ademais, para aplicação do método, é necessário a definição de pesos, significância relativa de cada critério, e a identificação da função de preferência do tomador de decisão também para cada critério.

Os pesos dos critérios são definidos pelos especialistas e tomadores de decisão, geralmente atribui-se valores arbitrários positivos. Estes números representam a significância relativa entre cada critério, eles refletem as prioridades e discernimentos dos tomadores de decisão (MACHARIS et al., 2004).

O Prométhée utiliza comparação binária entre as alternativas, logo para cada par de alternativas deve ser definida uma função de preferência para cada critério. Esses critérios podem ser associados aos limites de indiferença ( $q$ ), de preferência estrita ( $p$ ) e um valor intermediário ( $\sigma$ ), já que o método utiliza o conceito de pseudocritério (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004).

No trabalho de Brans e Vincke de 1985 e de Brans, Vincke e Mareschal de 1986 os autores sugeriram seis tipos específicos de funções de preferência, conforme mostrados nas Figuras de (1) a (6):

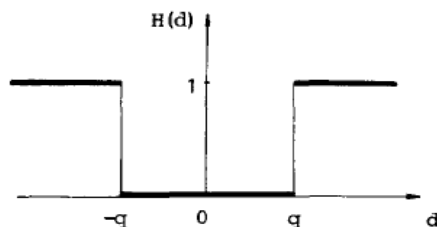
a) Critério do Tipo I – Critério Usual.



$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } d = 0, \\ 1 & \text{if } d \neq 0. \end{cases}$$

Figura 1 – Critério do Tipo I.

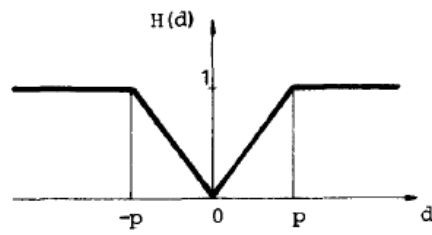
b) Critério do Tipo II – Quase-critério.



$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } -q \leq d \leq q, \\ 1 & \text{if } d < -q \text{ or } d > q. \end{cases}$$

Figura 2 – Critério do Tipo II.

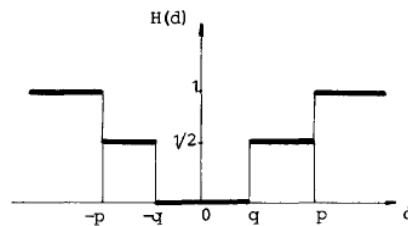
c) Critério do Tipo III – Critério com preferência linear.



$$H(d) = \begin{cases} d/p & \text{if } -p \leq d \leq p, \\ 1 & \text{if } d < -p \text{ or } d > p. \end{cases}$$

Figura 3 – Critério do Tipo III.

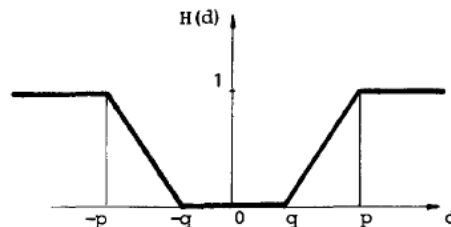
d) Critério do Tipo IV – Critério de nível.



$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } |d| \leq q, \\ 1/2 & \text{if } q < |d| \leq p, \\ 1 & \text{if } p < |d|. \end{cases}$$

Figura 4 – Critério do Tipo IV.

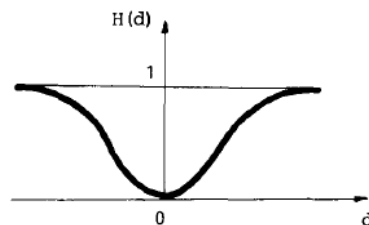
e) Critério do Tipo V – Critério com preferência linear e área de indiferença.



$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } |d| \leq q, \\ (|d| - q)/(p - q) & \text{if } q < |d| \leq p, \\ 1 & \text{if } p < |d|. \end{cases}$$

Figura 5 – Critério do Tipo V.

f) Critério do Tipo VI – Critério Gaussiano.



$$H(d) = 1 - \exp\{-d^2/2\sigma^2\}.$$

Figura 6 – Critério do Tipo VI.

O grau de preferência entre duas alternativas pode ser representado pelo índice, calculado com a Equação (2) (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986):

$$\Pi(\alpha, \beta) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j P_j(a,b)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

em que:

$w_j$  é o peso para cada critério.

$P_j(a,b)$  expressa quanto a alternativa “a” é preferível à alternativa “b”, quando todos os critérios juntos são considerados. Seu valor varia de 0 (preferência fraca de “a” sobre “b”) a 1 (forte preferência).

Para ranquear as alternativas é preciso calcular o fluxo de saída ( $\phi^+$ ) e o fluxo de entrada ( $\phi^-$ ), determinadas com as Equações (3) e (4), respectivamente:

$$\Phi^+(\alpha) = \sum_{b \in X} \pi(a, b) \quad (3)$$

$$\Phi^-(\alpha) = \sum_{b \in X} \pi(b, a) \quad (4)$$

em que:

X é o total de soluções alternativas.

Pode-se dizer que o valor de  $\phi^+(a)$  representa quanto a alternativa “a” supera as demais, assim o valor  $\phi^-(a)$  mostra quanto “a” é superada pelas outras.

Sendo assim, ocorre a situação de indiferença (aIb) quando:

aIb se:  $\phi^+(a) = \phi^+(b)$  e  $\phi^-(a) = \phi^-(b)$

Dois alternativas são consideradas incomparáveis (aRb) se:

aRb se:  $\phi^+(a) > \phi^+(b)$  e  $\phi^-(a) > \phi^-(b)$  ou  $\phi^+(a) < \phi^+(b)$  e  $\phi^-(a) < \phi^-(b)$

O método Prométhée II empregado o cálculo do fluxo líquido,  $\phi(a)$ , que é a diferença entre os dois fluxos, para gerar uma ordenação completa das alternativas. Quanto maior o valor de  $\phi(a)$  maior a atratividade de “a”. Para cada alternativa  $a \in X$  o fluxo líquido é calculado com a Equação (5):

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (5)$$

As relações de superação no método Prométhée II são tais que:

$aP_{II}b$  (“a” sobreclassifica “b”) se  $\phi(a) > \phi(b)$ ,

$aI_{II}b$  (“a” é indiferente à “b”) se  $\phi(a) = \phi(b)$ .

### 3. Estudo de Caso

#### 3.1. Material e métodos

Mladineo et al. (1987) indica a seguinte sequência de pesquisa para este tipo de análise:

a) determinar um número de locais em uma microregião para análise; b) coletar e classificar

dados das características da região; c) utilizar técnicas para definir os objetivos e ranqueá-los de acordo com a prioridade; d) de acordo com os objetivos deve-se definir os critérios e seus pesos; e) utilizar uma técnica de análise multicritério para avaliar as localizações e fazer a ordenação. Este método de pesquisa é ainda observado nos mais recentes trabalhos, apresentando poucos acréscimos como análise de sensibilidade e calibração do modelo, mostrados no artigo de Babaei, Ghazavi e Erfanian de 2018. No presente trabalho utiliza-se a metodologia mostrada acima com seus adendos.

Como limitações para o método pode-se citar a impossibilidade de analisar todos os terrenos visualmente, indo ao local e examinando toda sua extensão. Alguns terrenos encontrados poderão passar de 10.000 m<sup>2</sup>.

Salienta-se também que os critérios, pesos e parâmetros serão definidos com auxílio de profissionais da área de Engenharia Civil, não sendo excluída a possibilidade de variação de opiniões dos especialistas consultados nesta pesquisa com a opinião de outros questionados em pesquisas posteriores.

O perfil do decisor também deve ser levado em consideração na análise. Aqui o decisor é um Engenheiro Civil com trinta anos de experiência em construções de grande porte como prédios e shoppings, nascido e residente na cidade de Volta Redonda.

### 3.2. Análise dos critérios

Neste tópico levanta-se os critérios que influenciam na preferência de uma localização levando em consideração o objetivo da instalação de uma concreteira. Busca-se aqui elencar os critérios e explicar suas devidas importâncias para a aplicação do método. Ressalta-se que buscamos um terreno com espaço livre suficiente para comportar a construção da planta dosadora de concreto, assim localizações que não possuam dimensões mínimas serão descartadas de julgamento. Os critérios empregados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Critérios para a escolha da localização mais adequada.

<b>Critério</b>	<b>Nomenclatura</b>
g <sub>1</sub>	Preço
g <sub>2</sub>	Área
g <sub>3</sub>	Relevo
g <sub>4</sub>	Proximidade de residências
g <sub>5</sub>	Vias para escoamento da produção

A definição de cada um dos critérios empregados nesta pesquisa é apresentado na sequência.



### **3.2.1. Preço**

O critério representa o valor em reais a ser pago no ato da compra do terreno. A busca realizada se limitou a terrenos com valor inferior a R\$ 5.000.000,00

### **3.2.2. Área**

De acordo com o Engenheiro Civil *Ciro Martins (C & C, 2017)*, especialista em concreto dosado em central, a área necessária para montar uma central de pequeno ou médio porte é de 3.000 a 5.000 m<sup>2</sup>. O local deverá abrigar escritório, almoxarifado, refeitório, vestiário, laboratório, além do espaço reservado para a própria central dosadora com silo de estocagem de cimento, para guardar os caminhões e insumos: cimento, brita, areia natural e industrial, aditivos e água. A usina de concreto deste estudo necessita uma área de 3.000 m<sup>2</sup> no presente, mas pensando em expansões futuras a área desejada é de 6.000 m<sup>2</sup>.

### **3.2.3. Relevo (Local Plano ou Acidentado)**

O valor do critério segue uma escala de 0 (zero) a 10 (dez) da seguinte forma: se o terreno apresentar área plana ou até dez graus de inclinação (suficiente para a instalação da usina, 3.000 m<sup>2</sup>) recebe a pontuação próxima de 10 (dez), caso apresente inclinação de onze a quarenta e cinco graus terá pontuação de por volta de 5 (cinco), acima de quarenta e seis graus e muito acidentado, com muitas irregularidades (buracos, elevações pontuais, degraus) pontuação perto de 0 (zero).

### **3.2.4. Proximidade de residências**

As usinas de concreto emitem poeira e fazem barulho em demasia, logo a proximidade com residências é algo indesejável. A escala de pontuação recebe valores de 0 (zero) a 10 (dez) de acordo com a regra arbitrada: bairros estritamente residenciais ganham notas próximas de 0 (zero), bairros residenciais e industriais recebem notas em torno de 5 (cinco) e bairros unicamente industriais ou predominantemente rurais recebem nota perto de 10 (dez).

### **3.2.5. Vias para escoamento da produção**

Este critério pode variar de 0 (zero) a 10 (dez). Se apresenta boas vias de circulação para transporte do produto até seus clientes é pontuado com valor próximo de 10 (dez), vias de qualidades intermediárias são classificadas com valor por volta de 5 (cinco) e vias de difícil circulação recebem entrada perto de 0 (zero).

A nota 10 (dez) é atribuída a vias bem pavimentadas e conservadas, que não oferecem risco quanto ao transporte por caminhões betoneiras. Vias de pontuação 5 (cinco) são aquelas com pavimento já danificado ou estreitas. Vias com valor 0 (zero) representam rotas com pavimento muito precário apresentando buracos que impedem ou apresentam grande risco ao trânsito de caminhões, podem ser também avenidas com proibição de trânsito desse tipo de veículo, muito inclinadas ou tão estreitas que se tornam impossível sua utilização.

### 3.3. Exemplo numérico

Considerando as possíveis localizações apresentadas têm-se na Tabela 3 a Matriz de Desempenho das alternativas, também chamada de matriz de decisão, em relação a cada critério.

Tabela 3 – Matriz de Desempenho das alternativas

	<b>g<sub>1</sub></b>	<b>g<sub>2</sub></b>	<b>g<sub>3</sub></b>	<b>g<sub>4</sub></b>	<b>g<sub>5</sub></b>
<b>a<sub>1</sub></b>	750.000,00	4.200	6	1	7
<b>a<sub>2</sub></b>	3.500.000,00	13.600	10	6	10
<b>a<sub>3</sub></b>	3.800.000,00	88.000	4	2	7
<b>a<sub>4</sub></b>	1.200.000,00	3.000	3	10	10
<b>a<sub>5</sub></b>	1.200.000,00	8.150	7	4	5
<b>a<sub>6</sub></b>	2.800.000,00	10.800	8	9	10
<b>a<sub>7</sub></b>	2.500.000,00	68.000	3	5	6
<b>a<sub>8</sub></b>	650.000,00	3.000	10	0	8
<b>a<sub>9</sub></b>	4.200.000,00	168.000	5	5	5
<b>a<sub>10</sub></b>	2.000.000,00	32.430	2	6	5

Para cada critério foram definidos pesos de acordo com suas respectivas importâncias definidos pelos decisores. A Tabela 4 apresenta estas informações.

Tabela 4 – Pesos dos critérios

	<b>Pesos</b>	<b>Pesos Normalizados</b>
<b>g<sub>1</sub></b>	100	0,250
<b>g<sub>2</sub></b>	70	0,175
<b>g<sub>3</sub></b>	80	0,200
<b>g<sub>4</sub></b>	80	0,200
<b>g<sub>5</sub></b>	70	0,175

A partir da análise do problema definiu-se os tipos de cada um dos critérios empregados nesta pesquisa. A Tabela 5 apresenta as informações dos critérios, assim como os limites utilizados para avaliar as alternativas.

Tabela 5 – Tipos dos critérios e seus parâmetros

	<b>Tipo</b>	<b>MAX OU MIN</b>	<b>q</b>	<b>p</b>
<b>g<sub>1</sub></b>	III	MIN	-	500.000
<b>g<sub>2</sub></b>	V	MAX	3.000	6.000
<b>g<sub>3</sub></b>	IV	MAX	3	7
<b>g<sub>4</sub></b>	IV	MAX	3	7
<b>g<sub>5</sub></b>	IV	MAX	3	7

A Tabela 6 apresenta os resultados das comparações par a par das alternativas.

Tabela 6 – Relações de sobreclassificação e fluxos

	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>3</sub></b>	<b>a<sub>4</sub></b>	<b>a<sub>5</sub></b>	<b>a<sub>6</sub></b>	<b>a<sub>7</sub></b>	<b>a<sub>8</sub></b>	<b>a<sub>9</sub></b>	<b>a<sub>10</sub></b>	<b>φ+</b>
<b>a<sub>1</sub></b>	0,00	0,25	0,25	0,23	0,23	0,25	0,25	0,00	0,25	0,35	2,05
<b>a<sub>2</sub></b>	0,38	0,00	0,35	0,28	0,18	0,00	0,19	0,28	0,44	0,29	2,36
<b>a<sub>3</sub></b>	0,18	0,18	0,00	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,20	0,18	1,60
<b>a<sub>4</sub></b>	0,20	0,35	0,45	0,00	0,19	0,25	0,44	0,20	0,44	0,44	2,95
<b>a<sub>5</sub></b>	0,09	0,25	0,25	0,19	0,00	0,25	0,35	0,19	0,25	0,35	2,16
<b>a<sub>6</sub></b>	0,38	0,25	0,45	0,28	0,19	0,00	0,29	0,38	0,44	0,19	2,83
<b>a<sub>7</sub></b>	0,28	0,43	0,25	0,18	0,18	0,33	0,00	0,28	0,25	0,18	2,33
<b>a<sub>8</sub></b>	0,15	0,25	0,35	0,35	0,25	0,25	0,35	0,00	0,35	0,45	2,75
<b>a<sub>9</sub></b>	0,28	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,28	0,00	0,18	1,78
<b>a<sub>10</sub></b>	0,28	0,43	0,35	0,18	0,18	0,43	0,25	0,28	0,25	0,00	2,60
<b>φ-</b>	2,19	2,55	2,88	2,01	1,73	2,10	2,46	2,04	2,86	2,59	

A Tabela 7 apresenta a ordenação das alternativas com o cálculo do fluxo líquido.

Tabela 7 – Ordenação das alternativas

	<b>φ</b>	<b>Ordenação</b>
<b>a<sub>4</sub></b>	0,9375	1 <sup>o</sup>
<b>a<sub>6</sub></b>	0,725	2 <sup>o</sup>
<b>a<sub>8</sub></b>	0,7125	3 <sup>o</sup>
<b>a<sub>5</sub></b>	0,4375	4 <sup>o</sup>
<b>a<sub>10</sub></b>	0,0125	5 <sup>o</sup>
<b>a<sub>1</sub></b>	-0,1375	6 <sup>o</sup>
<b>a<sub>7</sub></b>	-0,1375	7 <sup>o</sup>
<b>a<sub>2</sub></b>	-0,1875	8 <sup>o</sup>
<b>a<sub>9</sub></b>	-1,0875	9 <sup>o</sup>
<b>a<sub>3</sub></b>	-1,275	10 <sup>o</sup>

Com a obtenção desta ordenação pode-se definir que a localização mais adequada para a instalação da usina de concreto é a alternativa a<sub>4</sub>.

Analisou-se a consistência do modelo realizando análise de sensibilidade, através de alterações de vinte por cento para mais e para menos no critério de maior peso, preço. Os resultados das novas ordenações são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise de sensibilidade

+20%	$\phi$	Ordenação	-20%	$\phi$	Ordenação
<b>a<sub>4</sub></b>	1,09	1 <sup>o</sup>	<b>a<sub>6</sub></b>	0,90	1 <sup>o</sup>
<b>a<sub>8</sub></b>	1,07	2 <sup>o</sup>	<b>a<sub>4</sub></b>	0,77	2 <sup>o</sup>
<b>a<sub>5</sub></b>	0,61	3 <sup>o</sup>	<b>a<sub>8</sub></b>	0,32	3 <sup>o</sup>
<b>a<sub>6</sub></b>	0,57	4 <sup>o</sup>	<b>a<sub>5</sub></b>	0,24	4 <sup>o</sup>
<b>a<sub>1</sub></b>	0,23	5 <sup>o</sup>	<b>a<sub>2</sub></b>	0,09	5 <sup>o</sup>
<b>a<sub>10</sub></b>	0,06	6 <sup>o</sup>	<b>a<sub>10</sub></b>	-0,04	6 <sup>o</sup>
<b>a<sub>7</sub></b>	-0,20	7 <sup>o</sup>	<b>a<sub>7</sub></b>	-0,07	7 <sup>o</sup>
<b>a<sub>2</sub></b>	-0,44	8 <sup>o</sup>	<b>a<sub>1</sub></b>	-0,54	8 <sup>o</sup>
<b>a<sub>9</sub></b>	-1,45	9 <sup>o</sup>	<b>a<sub>9</sub></b>	-0,68	9 <sup>o</sup>
<b>a<sub>3</sub></b>	-1,54	10 <sup>o</sup>	<b>a<sub>3</sub></b>	-0,98	10 <sup>o</sup>

Com o aumento do peso do critério “preço” percebe-se que a alternativa a<sub>4</sub> se mantém como primeira colocada e as alternativas a<sub>3</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>9</sub> e a<sub>7</sub> continuam nas últimas colocações sem alteração de posição.

Quando diminui-se o valor do mesmo critério em vinte por cento a alternativa a<sub>4</sub> passa para segundo e a<sub>6</sub> assume a primeira posição. Os terrenos representados por a<sub>3</sub> e a<sub>9</sub> mantêm suas colocações em último e penúltimo, respectivamente.

#### 4. Conclusão

O artigo apresentou uma solução de alocação para uma empresa dosadora de concreto na cidade de Volta Redonda tendo como base as alternativas disponibilizadas pelas imobiliárias da cidade.

A partir da aplicação do método nota-se a obtenção de uma ordem completa das alternativas, simplificando assim a análise dos resultados para a determinação do local mais adequado.

A alternativa “a<sub>4</sub>” se mostrou a melhor para o caso proposto, levando em consideração os critérios adotados, assim como seus respectivos pesos e tipos. A localização mais indicada para a empresa, segundo o método, foi um terreno em um bairro afastado de residências e com excelentes vias para escoamento da produção, apesar de possuir relevo ruim e tamanho mínimo limite para a construção.

Com a análise de sensibilidade nota-se que o modelo é consistente. Apesar das alterações feitas no peso do critério de maior valor a ordenação se manteve bem próxima da original.

Este artigo levou em consideração as características expostas nos sites das imobiliárias, assim como fotos e informações dos corretores, não foram realizadas visitas nos locais específicos.

Foi cogitada a possibilidade de admitir o critério “proximidade de clientes (tempo de entrega)”. A proximidade da usina de concreto com os clientes é importante pois isto se reflete em tempo. Conforme NBR 7212:2012 o tempo para transporte do concreto da central até o cliente, transportado em caminhão betoneira, não pode ser maior que 90 (noventa) minutos. O critério não foi adotado pois para se cruzar a cidade de referência do trabalho de uma extremidade a outra não ultrapassa 30 minutos.

A análise multicritério para ordenação dos possíveis locais para uma usina de concreto pode interessar investidores da região estudada. No artigo mostra-se que há obras em execução, projetadas para breve início, assim como para os próximos vinte anos (DIÁRIO DO VALE, 2017).

Com a utilização da metodologia multicritério pôde-se obter um resultado menos empírico para a ordenação. A partir da aplicação de uma ferramenta de base científica neste caso real obteve-se uma solução mais sólida.

O método apresentado para o caso proposto pode ser aplicado em diversos outros similares. Pode servir como base para estudos de implantação de outras indústrias na região, tanto utilizando os critérios apresentados quanto utilizando os próprios dados das localidades e históricos.

O estudo busca fornecer mais uma fonte de consulta de como proceder com a aplicação do método Prométhée II, apresentar critérios e suas definições aplicáveis a definição de localização de concreteiras e empresas similares, além de fornecer dados compilados sobre a região de estudo.

## Referências

ABESC - Associação Brasileira de Serviço de Concretagem. **Manual do Concreto Dosado em Central**. Disponível em: <<http://abesc.org.br/assets/files/kit-professor.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212:2012 - Execução de concreto dosado em central — Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 16. 2012.

ACEPLAN. **Residencial Campo Bello**. Disponível em: <<https://www.aceplanvr.com.br/empreendimentos/residencial-campo-bello>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

ANDREOPOULOU, Z.; KOLIOUSKA, C.; GALARIOTIS, E.; ZOPOUNIDIS, C. Renewable energy sources: Using PROMETHEE II for ranking websites to support market opportunities. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 131, n. June 2017, p. 31–37, 2018.

BABAEI, S.; GHAZAVI, R.; ERFANIAN, M. Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 105, n. February, p. 3–11, 2018.

BARDA, O. H.; DUPUIS, J.; LENCIONI, P. Multicriteria location of thermal power plants. **European Journal of Operational Research**, v. 45, n. 2–3, p. 332–346, 1990.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986.

BRANS, J. P. ; MARESCHAL, B.; VINCKE, P.. PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. J.P. Brans (Ed.), **Operational Research '84**, North-Holland, Amsterdam. 1984.

BRANS; VINCKE, P. A Preference Ranking Organisation Method (The Promethee Method For Multiple Criteria Decision-Making). **Management Science**, v. 31, n. 6, p. 647–656, 1985.

MARTINS, C. J. Iniciando Novo Negócio: Como Montar Uma Concreteira. **C&C – Ciro Engenharia e Consultoria**, 18, dez. 2017. Disponível em: <<https://www.ciroengenharia.com/single-post/2017/12/18/iniciando-novo-negocio-como-montar-uma-concreteira>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

DEVI, K.; YADAV, S. P. A multicriteria intuitionistic fuzzy group decision making for plant location selection with ELECTRE method. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 66, n. 9–12, p. 1219–1229, 2013.

DIÁRIO DO VALE. Construtora tem plano estratégico de vinte anos para Volta Redonda. **Diário do Vale**, 18, jan. 2017. Capa, Política. Disponível em: <<http://diariodovale.com.br/politica/construtora-tem-plano-estrategico-de-vinte-anos-para-volta-redonda/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

DOAN, N. A. V.; DE SMET, Y. An alternative weight sensitivity analysis for PROMETHEE II rankings. **Omega (United Kingdom)**, v. 0, p. 1–9, 2017.

ERDOGAN, M.; KAYA, I. A combined fuzzy approach to determine the best region for a nuclear power plant in Turkey. **Applied Soft Computing Journal**, v. 39, p. 84–93, 2016.

FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 7, p. 1689–1709, 2010.

FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. **Springer eBook**. 2005.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisão em Cenários Complexos**: Introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GRUPO ARGO. **Shopping Park Sul**. Disponível em: <<http://www.shoppingparksul.com.br>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

HO, W.; MA, X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 267, n. 2, p. 399–414, 2018.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P.; LIDOUH, K. Location selection for the construction of a casino in the Greater London region: A triple multi-criteria approach. **Tourism Management**, v. 34, p. 211–220, 2013.

LEE, S. M.; GREEN, G. I.; KIM, C. S. A multiple criteria model for the location-allocation problem. **Computers and Operations Research**, v. 8, n. 1, p. 1–8, 1981.

LIBE CONSTRUTORA. **Residencial Vila Jardim**. Disponível em: <<http://www.residencialvilajardim.com.br>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MACHARIS, C.; SPRINGAEL, J.; DE BRUCKER, K.; VERBEKE, A. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis - Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 153, n. 2, p. 307–317, 2004.

MCKENNA, R.; BERTSCH, V.; MAINZER, K.; FICHTNERET, W. Combining local preferences with multi-criteria decision analysis and linear optimization to develop feasible energy concepts in small communities. **European Journal of Operational Research**, v. 268, n. 16, p. 1092–1110, 2018.

MLADINEO, N.; MARGETA, J.; BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants. **European Journal of Operational Research**, v. 31, n. 2, p. 215–222, 1987.

POLIMIX. **Onde estamos**. Disponível em: <<http://polimix.com.br/onde-estamos/?uf=RJ>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

RADOJEVIC, A.; PETROVIC, S.; RADOJEVIC, D. A Fuzzy Approach to Preference Structure in Multicriteria Ranking International Transactions in Operational Research Volume 4, Issue 5-6. **International Transactions in Operational Research**, v. 4, n. 5–6, p. 419–430, 1997.

REDEPLAN. **Loteamento Mirante do Belmonte**. Disponível em: <<http://redeplan.com/empreendimento-jardim-belmonte-volta-redonda,12457>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

SILVERIO, L. B.; FERREIRA, A. S.; RANGEL, L. A. D. Avaliação Das Cidades Da Região Sul Fluminense Empregando O Método Promethée II. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, n. 27, 2007, Foz do Iguaçu. **A energia que move a**

**produção:** um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. 2007. 10.

VUK, D.; KOŽELJ, B.; MLADINEO, N. Application of multicriterial analysis on the selection of the location for disposal of communal waste. **European Journal of Operational Research**, v. 55, n. 2, p. 211–217, 1991.

ZHAO, H.; PENG, Y.; LI, W. Revised PROMETHEE II for improving efficiency in emergency response. **Procedia Computer Science**, v. 17, p. 181–188, 2013.

ZOPOUNIDIS, C., LEMONAKIS, C., ANDREOPOULOU, Z. AND KOLIOUSKA, C. 2014. Agrotourism Industry Development through Internet Technologies: A Multicriteria Approach. **Journal of Euromarketing**, Vol. 23, No. 4, pp. 45-67.