

# O MÉTODO MACBETH E APLICAÇÃO NO BRASIL

*Carlos A. Bana e Costa<sup>1</sup>*

*Lidia Angulo-Meza<sup>2</sup>*

*Mónica D. Oliveira<sup>3</sup>*

**Resumo:** Este artigo apresenta o método MACBETH e descreve uma aplicação para apoiar um grupo de participantes na iniciativa *Rio Climate Challenge* (evento paralelo à conferência Rio+20) na seleção de medidas de mitigação, à luz de vários critérios, visando limitar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera em 450 ppm. O artigo inclui ainda uma listagem de outras aplicações no Brasil em contextos diversos, tanto públicos como privados.

**Palavras-chave:** Avaliação Multicritério, MACBETH, Apoio à Decisão, Julgamentos de Valor Qualitativos, Ambiente.

**Abstract:** This paper presents the MACBETH method and describes its application to support a group of participants in the Rio Climate Challenge initiative (a parallel event to the Rio +20 Conference) in the selection of mitigation measures, in the light of multiple criteria, to limit the concentration of greenhouse gases in the atmosphere at 450 ppm. A listing of other applications of MACBETH in Brazil, developed in different contexts, both public and private, is also included.

**Keywords:** Multicriteria Decision Analysis, MACBETH, Qualitative Value Judgments, Environment.

---

<sup>1</sup> CEG-IST, Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, carlosbana@ist.utl.pt

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense, lidia\_a\_meza@pq.cnpq.br

<sup>3</sup> CEG-IST, Centro de Estudos de Gestão do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, monica.oliveira@ist.utl.pt

## 1. INTRODUÇÃO

O MACBETH é um método de apoio à decisão que permite avaliar opções levando em conta múltiplos critérios. Distingue-se de outros métodos multicritérios por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Dadas duas opções (ou níveis de performance, desempenho ou impacto), com a primeira melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema? A origem do nome MACBETH decorre do uso destas categorias semânticas de diferença de atratividade: “*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*” (medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias).

M-MACBETH (Bana Consulting, 2005) é um sistema multicritério de apoio à decisão, concebido para ser usado por um consultor (facilitador ou analista de decisão), seguindo o princípio construtivista segundo o qual “o problema e a solução pertencem ao decisor e não ao consultor” (Schein, 1999). Trata-se de um processo sócio-técnico com várias fases (Figura 1), que “combina elementos técnicos da análise multicritério com aspectos sociais de *decision conferencing*” (Phillips e Bana e Costa, 2007).



Figura 1. Fases do processo MACBETH de apoio multicritério à decisão

Neste artigo, não serão abordadas as componentes de estruturação do modelo de apoio à decisão – estas componentes podem ser encontradas em detalhe em Bana e Costa et al (1998a), Bana e Costa et al (2002), e Bana e Costa et al (2012b). A seção 2 apresenta uma descrição técnica atual do MACBETH, baseada em Bana e Costa et al. (2012a), que atualiza formulações mate-

máticas de artigos mais antigos, designadamente a inicialmente proposta em Bana e Costa e Vansnick (2011) e Bana e Costa e Vansnick (1995). A base teórica detalhada do método foi consolidada em Bana e Costa et al. (2005).

A seção 3 descreve uma aplicação do MACBETH na avaliação multicritério de medidas de “mitigação”, por um grupo de especialistas em mudanças climáticas, no âmbito da Iniciativa Desafio Rio Clima (*The Rio Climate Challenge – RCC*) (Rio Clima, 2012): “O grupo de mitigação, como primeiro pressuposto, teve como objetivo buscar alternativas para atender ao limite estabelecido pelos cientistas do IPCC de manter a concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera em 450 ppm e o aquecimento médio do planeta, neste século, abaixo de 2 graus Celsius”. O enfoque é dado à descrição das etapas de desenvolvimento de um modelo aditivo de avaliação das medidas por três critérios: 1) Avaliação intra-critério das opções (as medidas de mitigação), com base em julgamentos de diferença de atratividade entre opções, separadamente para cada critério, dando origem a pontuações parciais para as opções nos vários critérios. Para permitir a sua posterior agregação, as pontuações em cada critério devem compor uma escala numérica de intervalos, o que requer a explicitação de duas referências (loais) em cada critério, a que o M-MACBETH atribui, por defeito, as pontuações de 100 e 0; 2) Ponderação dos critérios, com base em julgamentos de diferença de atratividade global entre opções (hipotéticas) de referência, definidas com base nas referências locais; 3) Avaliação inter-critérios das opções, dando origem a uma pontuação global para cada opção, calculada através de soma ponderada das pontuações parciais.

No início da seção 3 apresenta-se uma listagem de aplicações do MACBETH, no Brasil, onde foi publicado um dos primeiros casos reais em que o método foi utilizado para avaliar propostas em um concurso público internacional (Bana e Costa e Vansnick, 1995).

## 2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

### 2.1. INFORMAÇÃO ORDINAL E CARDINAL

Seja  $X$  um conjunto (finito) de opções. Medir ordinalmente a atratividade das opções  $x$  de  $X$  con-

siste em associar a cada  $x$  um valor numérico – um número real  $v(x)$  – tal que satisfaça as condições de preferência estrita (1) e de indiferença (2):

$$\forall x, y \in X: [x \text{ é mais atrativa do que } y \text{ (} xPy \text{)} \Leftrightarrow v(x) > v(y)] \quad (1)$$

$$\forall x, y \in X: [x \text{ e } y \text{ são igualmente atrativas (} xIy \text{)} \Leftrightarrow v(x) = v(y)] \quad (2)$$

A escala numérica  $v: X \rightarrow \mathbb{R}: x \rightarrow v(x)$  pode ser construída solicitando a um avaliador (um indivíduo ou um grupo) informação ordinal sobre a atratividade relativa das opções de  $X$ . Isto é, pedindo a esse avaliador que ordene as opções por ordem decrescente de atratividade (com a possibilidade de *ex-aequo*). Se esta ordenação for feita separadamente para cada um dos múltiplos critérios, o Teorema de Arrow (Arrow, 1951) mostra que a agregação de várias ordenações implica sempre alguma forma de arbitrariedade (exceto se as opções forem todas indiferentes). Isto pode ser evitado usando informação mais rica sobre a atratividade das opções, solicitando ao avaliador informação cardinal, isto é, que associe a cada opção  $x$  um valor numérico  $v(x)$  tal que satisfaça, não somente as condições (1) e (2), mas também a condição adicional (3):

$$\forall w, x, y, z \in X \text{ com } x \text{ mais atrativo que } y \text{ e } w \text{ mais atrativo que } z: \text{ o quociente } \frac{[v(x) - v(y)]}{[v(w) - v(z)]} \text{ mede a diferença de atratividade entre } x \text{ e } y \text{ quando a diferença na atratividade entre } w \text{ e } z \text{ é tomada como unidade de medida.} \quad (3)$$

Esta nova escala numérica  $v: X \rightarrow \mathbb{R}: x \rightarrow v(x)$  pode ser definida posicionando as opções de  $X$  sobre um eixo vertical de tal forma que:

- 1)  $\forall x, y \in X: x$  é posicionado acima de  $y$  se e somente se  $x$  é mais atrativa do que  $y$  (*informação de valor ordinal*)
- 2) as distâncias relativas entre as opções no eixo vertical reflitam as diferenças relativas de atratividade entre elas (*informação de valor cardinal*).

Uma escala  $v$  que satisfaça as condições (1), (2) e (3) é uma escala numérica de intervalos.

Vários procedimentos podem ser concebidos para obter informação cardinal sobre o valor das opções. Por exemplo, pode solicitar-se do ava-

liador uma valoração numérica direta do quociente entre a diferença de atratividade entre  $x$  e  $y$  e entre a diferença de atratividade entre  $w$  e  $z$ . Porém, esta forma de questionamento está longe de ser simples (von Winterfeldt e Edwards, 1986). Para simplificá-lo, pode proceder-se de outro modo, reduzindo o número de questões: selecionam-se duas opções de  $X$  e toma-se a diferença entre elas como unidade de medida de referência; solicita-se ao avaliador que indique,  $\forall x, y \in X$ , o número de vezes  $E(x,y)$  que a diferença entre  $x$  e  $y$  é maior ou menor (se não igual) do que a diferença de referência. No entanto, seria uma grande surpresa se os julgamentos assim realizados fossem tão perfeitamente consistentes que determinassem uma escala de intervalos de valor. Além disso, o número de questões aumenta muito com o número de opções. Em outro procedimento mais realista, proposto por Kirkwood (1997) e que diminui o número de questões, o avaliador identifica a menor das diferenças entre opções consecutivas numa ordenação e, subsequentemente, avalia numericamente quantas vezes cada uma das diferenças consecutivas restantes é maior (se não for igual) que a menor diferença. Em alternativa à pontuação de diferenças de atratividade, a técnica de pontuação direta das opções (*direct rating* na nomenclatura anglo-saxônica) utilizada no SMART (Edwards e Barron, 1994) requer que sejam realizados três passos: 1) Selecionar duas opções de referência para a escala de pontuação; 2) Atribuir pontuações a essas referências, usualmente 100 e 0; e 3) Solicitar ao avaliador que atribua a cada uma das opções restantes uma pontuação que traduza numericamente a atratividade da opção em relação às duas referências. A consistência da escala de pontuação é testada de tal forma que as diferenças entre pontuações meçam diferenças de atratividade para o avaliador. Em alternativa à pontuação direta, no MACBETH a transição da informação ordinal para cardinal é facilitada por um questionamento, não numérico, de comparação das opções duas a duas em termos qualitativos.

## 2.2. OBTENÇÃO DE INFORMAÇÃO PRÉ-CARDINAL E ESCALA MACBETH DE BASE

As comparações entre opções são sempre realizadas duas a duas, avaliando qualitativamente a diferença de atratividade entre elas, escolhendo uma

das categorias MACBETH ou várias categorias consecutivas em caso de hesitação ou divergência. À medida que os julgamentos qualitativos são emitidos pelo avaliador e introduzidos no M-MACBETH (ver exemplo na Figura 2), o software verifica automaticamente a sua consistência e, quando encontra uma inconsistência, oferece sugestões para eliminá-la.

Para que uma matriz de julgamentos seja consistente, deve ser possível deduzir, a partir deles, pontuações tais que: 1) Opções igualmente atrativas obtenham a mesma pontuação, 2) Uma opção mais atrativa que outra obtenha uma pontuação maior; e 3) Se a diferença de atratividade entre duas opções (“forte”, por exemplo) é maior que a diferença de atratividade entre outras duas opções (“moderada”, por exemplo), as opções de verã obter pontuações tais que a diferença entre as pontuações das duas primeiras seja maior que a diferença entre as pontuações das outras duas (“condição de consistência ordinal”) (Bana e Costa et al., 2012a).

Suponha-se que em um processo de avaliação de cinco opções, *op1* a *op5*, segundo um determinado critério, o avaliador emitiu os seguintes julgamentos: *op1* fracamente mais atrativa que *op2*; *op2* muito fracamente mais atrativa que *op3*; *op3* moderadamente mais atrativa que *op4*; *op4* fracamente mais atrativa que *op5*; *op1* muito fortemente mais atrativa que *op5*; *op2* fortemente mais atrativa que *op5* e *op3* moderadamente mais atrativa que *op5*. Até este momento, não há inconsistências (Figura 2).

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5
op 1	nula	fraca	?	?	mt. forte
op 2		nula	↑ mt. fraca	↓ forte	forte
op 3	?		nula	moderada	↑ moderada
op 4	?			nula	↓ fraca
op 5					nula

#### Julgamentos inconsistentes

Figura 2. Matriz de julgamentos consistentes

Se, posteriormente, o avaliador julga que a diferença de atratividade entre as *op2* e *op4* é forte, o conjunto de julgamentos dados (ver Figura 3) torna-se inconsistente. Isto deve-se a que, por um lado, esses julgamentos implicam que a diferença entre as pontuações de *op2* e *op4* é maior do que a diferença entre as pontuações de *op3* e *op5*, e, por outro lado, que a diferença entre as pontuações de *op4* e *op5* é maior do que

a diferença entre as pontuações de *op2* e *op3*, o que resulta numa impossibilidade: a diferença entre as pontuações de *op2* e *op5* teria que ser maior que ela própria.

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5
op 1	nula	fraca	?	?	mt. forte
op 2		nula	↑ mt. fraca	↓ forte	forte
op 3	?		nula	moderada	↑ moderada
op 4	?			nula	↓ fraca
op 5					nula

#### Julgamentos inconsistentes

Figura 3. Sugestões para resolver um problema de inconsistência

Quando os julgamentos são inconsistentes, o MACBETH identifica a origem do problema, assim como o menor número de mudanças necessárias para resolvê-lo e fornece sugestões de alteração para alcançar a consistência (os procedimentos técnicos respectivos pode ser encontrados em Bana e Costa et al., 2005). No exemplo em discussão, a consistência é atingida através de qualquer uma das quatro sugestões mostradas na Figura 3: aumentar em uma categoria o julgamento entre *op2* e *op3*, ou o julgamento entre *op3* e *op5*; ou reduzir em uma categoria o julgamento entre *op2* e *op4*, ou o julgamento entre *op4* e *op5*.

Suponha que o avaliador decide rever o seu julgamento entre *op4* e *op5* de “fraco” para “muito fraco”, mantendo os outros julgamentos, tornando assim a matriz consistente e completando o processo de comparação das opções (Figura 4). Vale a pena ressaltar que o MACBETH não requer que todas as opções sejam comparadas entre si, isto é, em um total de  $n(n-1)/2$  julgamentos qualitativos para  $n$  opções. O número mínimo teoricamente aceitável é igual a  $n$  menos 1 – como quando, após ordenar as opções, o avaliador julga apenas as diferenças de atratividade entre opções consecutivas; ou compara uma só opção com cada uma das outras. No entanto, na prática, é recomendável que sejam feitos julgamentos adicionais.

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5
op 1	nula	fraca	moderada	forte	mt. forte
op 2		nula	mt. fraca	forte	forte
op 3			nula	moderada	moderada
op 4				nula	mt. fraca
op 5					nula

#### Julgamentos consistentes

Figura 4. Conjunto completo de julgamentos consistentes



A partir de uma matriz de julgamentos consistentes, o MACBETH propõe uma pontuação para cada opção. Estas pontuações formam a escala numérica MACBETH de base. Seja A um conjunto finito de  $n > 2$  opções, em que a opção  $a^+$  é tão ou mais atrativa que qualquer outra opção e a opção  $a^-$  é tão ou menos atrativa que qualquer outra opção. Designe-se por  $C_k$ ,  $k=0, \dots, 6$ , às categorias MACBETH de diferença de atratividade – “nula” ( $C_0$ ), “muito fraca” ( $C_1$ ), “fraca” ( $C_2$ ), “moderada” ( $C_3$ ), “forte” ( $C_4$ ), “muito forte” ( $C_5$ ) e “extrema” ( $C_6$ ).

Considere o caso mais simples de ausência de hesitação nos julgamentos, isto é, quando cada par de opções é associado a uma e somente a uma categoria  $C_k$ ,  $k=0, \dots, 6$ , i.e.,  $(a,b) \in C_k$  ( $k=0, \dots, 6$ ), como é o caso do conjunto de julgamentos da Figura 4. A correspondente escala MACBETH de base pode ser obtida através da resolução do seguinte problema de programação linear, em que  $v(a)$  representa a pontuação resultante para a opção  $a$ :

LP-MACBETH (simplificado):

$\text{Min } [v(a^+) - v(a^-)]$  (Minimizar a maior diferença de pontuação entre duas opções é minimizar a soma de todas as diferenças de pontua-

ção, o que contribui para que os julgamentos de cada categoria sejam tão próximos uns dos outros quanto possível.)

Sujeito a:

1.  $v(a^-) = 0$  (pontuação arbitrária)
2.  $\forall (a,b) \in C_0: v(a) - v(b) = 0$
3.  $\forall (a,b) \in C_k$  com  $k \in \{1,2,3,4,5,6\}: v(a) - v(b) \geq k$
4.  $\forall (a,b) \in C_k$  e  $\forall (c,d) \in C_{k'}$  com  $k, k' \in \{1,2,3,4,5,6\}$  e  $k > k'$ :  $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq k - k'$ .

Quando não existe solução possível para este problema, o conjunto de julgamentos é inconsistente, isto é, é impossível associar um valor numérico a cada julgamento. Não é este o caso dos julgamentos consistentes da matriz da Figura 4, para os quais a solução ótima do problema, designada por escala MACBETH de base, é:  $v(\text{op } 1) = 10$ ,  $v(\text{op } 2) = 7$ ,  $v(\text{op } 3) = 5$ ,  $v(\text{op } 4) = 1$ ,  $v(\text{op } 5) = 0$ . A Figura 5 mostra a diferença de pontuação resultante para cada julgamento de diferença de atratividade e, também, a composição numérica das categorias.

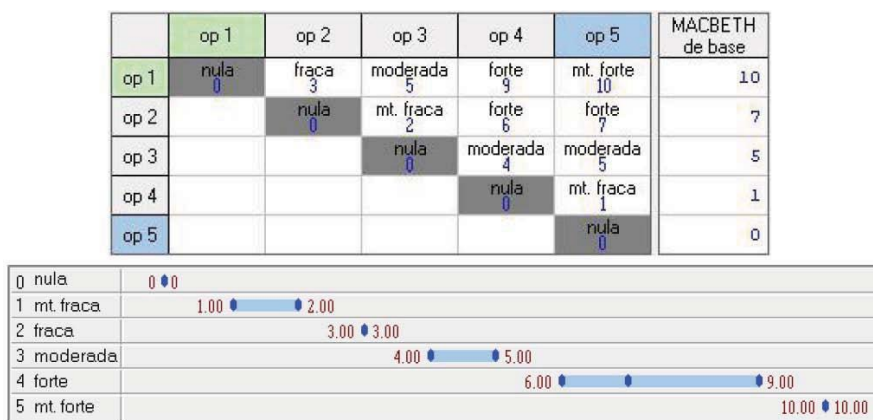


Figura 5. Escala e diferenças de pontuações MACBETH de base

Neste exemplo, a escala é única. No entanto, é possível encontrar outros exemplos de julgamentos para os quais existem múltiplas ótimas. Nesses casos, para garantir a unicidade da escala MACBETH de base a ser proposta, o MACBETH adota a média das soluções do problema de programação linear, tal como detalhado em Bana e Costa et al. (2005).

A formulação do problema linear foi con-

cebida de tal forma que, além de fixar o 0 para a indiferença, a todos os julgamentos da mesma categoria  $C_k$ ,  $k=1, \dots, 6$ , seja atribuída, sempre que for possível, a mesma pontuação  $k$ , isto é, 1 aos julgamentos muito fracos, 2 aos fracos, 3 aos moderados, 4 aos fortes, 5 aos muito fortes e 6 aos extremos existam ou não julgamentos em todas as categorias, como no caso mostrado na Figura 6.

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5	MACBETH de base
op 1	nula 0	fraca 2	moderada 3	mt. forte 5	extrema 6	6
op 2		nula 0	mt. fraca 1	moderada 3	forte 4	4
op 3			nula 0	fraca 2	moderada 3	3
op 4				nula 0	mt. fraca 1	1
op 5					nula 0	0

0 nula	0 ♦ 0
1 mt. fraca	1.00 ♦ 1.00
2 fraca	2.00 ♦ 2.00
3 moderada	3.00 ♦ 3.00
4 forte	4.00 ♦ 4.00
5 mt. forte	5.00 ♦ 5.00
6 extrema	6.00 ♦ 6.00

Figura 6. Exemplo de categorias singulares.

Quando haja hesitação ou divergência de julgamento, o avaliador pode usar duas ou mais categorias consecutivas, de  $C_i$  a  $C_s$  (por exemplo, “a diferença de atratividade entre *op 4* e *op 5* é muito fraca ou fraca” – ver Figura 7a), isto é, generalizando, quaisquer que sejam  $a$  e  $b$  de  $A$ , tal que  $a$  é mais atrativa do que  $b$ ,  $(a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s$ ,

( $i, s = 1, \dots, 6$  com  $i < s$ ). Desta forma, nota-se que é possível tratar um julgamento apenas ordinal entre duas opções (como, por exemplo, entre *op 2* e *op 4* na Figura 7b) como tecnicamente equivalente a uma hesitação entre todas as categorias de diferença de atratividade entre muito fraca e extrema.

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5	extrema
op 1	nula	fraca	moderada	mt. forte	extrema	extrema
op 2		nula	mt. fraca	moderada	forte	mt. forte
op 3			nula	fraca	moderada	forte
op 4				nula	mfrac-frac	moderada
op 5					nula	fraca

**Julgamentos consistentes**

(a)

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5	extrema
op 1	nula	fraca	moderada	mt. forte	extrema	extrema
op 2		nula	mt. fraca	positiva	forte	mt. forte
op 3			nula	fraca	moderada	forte
op 4				nula	mt. fraca	moderada
op 5					nula	fraca

**Julgamentos consistentes**

(b)

Figura 7. Exemplos de julgamentos por mais do que uma categoria.

A escala MACBETH de base respectiva será então determinada resolvendo o problema de programação linear *LP-MACBETH* seguinte, que generaliza o problema mais simples antes apresentado, associando a cada julgamento de mais do que uma categoria sempre a menor categoria possível (e corresponde às formulações apresentadas em Bana e Costa et al., (2005); Bana e Costa et al., (2008); e Bana e Costa et al., (2012a)).

$$\begin{aligned} &\forall (a,b) \in C_0: v(a) - v(b) = 0 \\ &\forall (a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ com } i,s \in \{1,2,3,4,5,6\} \\ &\text{e } i \leq s: v(a) - v(b) \geq i \\ &\forall (a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ e } \forall (c,d) \in C_i \cup \dots \cup C_s \\ &\text{com } i,s,i',s' \in \{1,2,3,4,5,6\}, \\ &i \leq s, i' \leq s' \text{ e } i > s': [v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq i - s'. \end{aligned}$$

### 2.3. DA ESCALA MACBETH DE BASE A UMA ESCALA DE INTERVALOS

Para construir, a partir da escala MACBETH de base, uma escala de pontuação que seja uma escala numérica de intervalos, o avaliador deve validar as pontuações de base, comparando, no gráfico, os tamanhos de intervalos entre pontuações, ajustando-as, se necessário, para validar as proporções en-

LP-MACBETH:  
Min  $[v(a^+) - v(a^-)]$

Sujeito a:  
 $v(a^-) = 0$

tre eles. Para assegurar que eventuais ajustamentos não violam relações de ordem entre julgamentos emitidos, o M-MACBETH mostra o intervalo dentro do qual a pontuação de cada opção pode ser modificada mantendo fixas as pontuações de todas as outras opções (para mais detalhes, ver Bana e Costa et al., 2005). No exemplo da Figura 8, esse intervalo é, para *op 3*, o intervalo aberto ]4, 6[, sendo 6 e 4 os limites de alteração possível da pontuação de *op 3* sem violar as restrições do LP-MACBETH. Isto é, a pontuação de *op 3* não pode ser de 6 (ou mais) nem de 4 (ou menos) porque seriam violadas relações de ordem entre algumas diferenças de atratividade, como mostram, respectivamente, as Figuras 9a e 9b. Por exemplo, se a pontuação de *op 3* fosse alterada para 6, como na Figura 9a, as diferenças de atratividade entre *op 3* e *op 5* e entre *op 2* e *op 4*, moderada e forte, respectivamente, resultariam iguais, o que viola a condição de preservação da ordem.

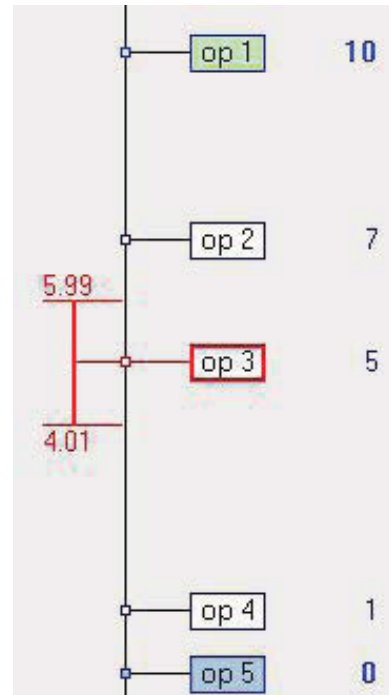
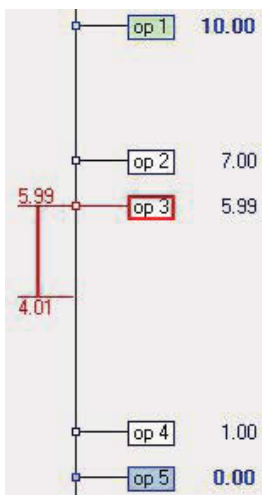
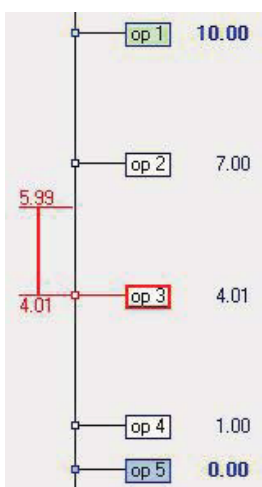


Figura 8. Limites de variação de uma pontuação.



☰	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5
op 1	nula 0.00	fraca 3.00	moderada 4.01	forte 9.00	mt. forte 10.00
op 2		nula 0.00	mt. fraca 1.01	forte 6.00	forte 7.00
op 3			nula 0.00	moderada 4.99	moderada 5.99
op 4				nula 0.00	mt. fraca 1.00
op 5					nula 0.00

(a)



☰	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5
op 1	nula 0.00	fraca 3.00	moderada 5.99	forte 9.00	mt. forte 10.00
op 2		nula 0.00	mt. fraca 2.99	forte 6.00	forte 7.00
op 3			nula 0.00	moderada 3.01	moderada 4.01
op 4				nula 0.00	mt. fraca 1.00
op 5					nula 0.00

(b)

Figura 9. Violação de relações de ordem entre diferenças de atratividade.

Note-se que, por defeito, o M-MACBETH apresenta todas as pontuações numa escala ancorada nas pontuações de referência 100 e 0, obtidas inicialmente por transformação linear das pontuações de base.

### 3. ESTUDO DE CASO: *THE RIO CLIMATE CHALLENGE*

O método MACBETH tem sido aplicado em vários setores em problemas de priorização, seleção, alocação de recursos, avaliação de desempenho e

gestão de conflitos, tanto em contextos públicos como privados. A Tabela 1 apresenta aplicações realizadas no Brasil (outros casos reais não restritos ao Brasil podem ser consultadas em Bana e Costa et al., 2012a). Em alguns estudos o MACBETH tem sido usado em combinação com outros métodos, tais como, mapeamento cognitivo (por exemplo, em Almeida et al., 2012), Análise Envoltória de Dados – DEA (por exemplo em Soares de Mello et al., 2002b), redes bayesianas (por exemplo, em Pinheiro et al., 2008), diagramas de influência (por exemplo em Castro et al., 2009a), etc.

Tabela 1. Aplicações do MACBETH a estudos de caso (por setor)


Setor	Estudo
Agricultura	Ensslin et al (1996a); Bana e Costa et al (1998a); Gomes et al (2008); Gomes Junior et al (2011); Macedo e Cruz (2010); Belarmino et al (2011); Basaldi (2007); Bortoluzzi et al (2008); Basaldi e Gomes (2007)
Educação e ensino	Soares de Mello et al (2002b); Soares de Mello et al (2003c)
Esportes	Gomes et al (2001); Caloba e Lins (2006)
Informática e desenvolvimento de software	Brasil Filho et al. (2007); Bana e Costa e Silva (2008); Castro et al. (2008c); Sena et al (2005); Cunha et al (2008a); Cunha et al (2008b); Zamcopé et al (2012a); Rodrigues et al. (2009); Brasil Filho et al. (2009); Lacerda et al.(2010); Bortoluzzi et al. (2010b); Almeida et al (2011); Almeida et al (2012)
Manufatura	Bana e Costa et al (1999a); Ensslin et al (1996b); Ensslin e Noronha (1998); Azevedo (2001); Bana e Costa et al (1999b); Salomon (2004); Ensslin et al (1999); Ensslin et al (2012b); Zago et al (2008); Bortoluzzi et al (2010a); Zamcopé et al (2010); Zamcopé et al (2012b); Tezza et al (2010); Della Bruna et al (2011); Bortoluzzi et al (2011a); Bortoluzzi et al (2011d); Bortoluzzi et al (2011c); Ensslin et al (2011); Grzebieluckas et al (2011); Lima et al (2009); Lima et al (2010)
Meio Ambiente	Prata Filho et al. (2002); Bana e Costa et al. (2000b); Amaral et al (2012); Tõsto et al (2009); Tõsto et al (2010); Chaves et al. (2010); Tõsto e Pereira (2011); Rosa et al (2012)
Militar	Madeira Júnior (2004); Vieira Junior et al (2009); Madeira Junior e Belderrain (2011)
Saúde	De Castro et al. (2008a); Pinheiro et al. (2008); de Castro et al. (2009a); de Castro et al. (2008b); de Castro et al. (2011); de Castro et al. (2009b); Nunes et al. (2010b); Nunes et al. (2010a); Nunes et al.(2011); Moraes et al. (2010); Menezes et al (2012)
Serviços	Ensslin et al (1997a); Ensslin et al (1997b); Bana e Costa et al. (1998b); Ensslin et al (1999); Ensslin et al (2000a); Ensslin et al. (2000b); Ramos et al (2007); Cardoso et al. (2003); Nunes e Pinheiro (2008); Santos et al (2008); Maia et al.(2004); Gomes e Alencar (2005a); Gomes e Alencar (2005b); Ensslin et al (1997b); de Castro et al. (2006); Ensslin e Ensslin (2006); Rodrigues da Silva et al (2008); Dutra et al (2008); Lima et al.(2008); Ensslin et al. (2008b); Bortoluzzi et al.(2009); Dutra et al. (2009); Giffhorn et al. (2009a); Soares de Mello et al (2003a); Berndt et al (2000); Ensslin et al. (2010); Angulo-Meza et al.(2010); Gutierrez et al (2002); Ensslin e Ensslin (2012); Bortoluzzi et al.(2011b); Azevedo et al.(2011); Lacerda et al. (2011a); Lacerda et al. (2011b); Ensslin et al (2012a)
Setor público	Ensslin e Ensslin (1998); Giffhorn et al (2009b); Bana e Costa et al (2000a); Montibeller et al (2007); Moreira e Beckhauser (2001); Silva e Bana e Costa (2001); Stefano et al. (2001); Soares de Mello et al Gomes et al.(2002); Maia et al (2002); Soares de Mello et al. (2002a); Rangel et al. (2003); Ensslin et al (1998); Santos et al (2006); Lyrio et al. (2007); Costa et al (2008); Espíndola et al.(2008); Ensslin et al. (2008a); Lyrio et al (2008); Oliveira Neto e Fontenele (2008); Espíndola et al (2009); Giffhorn et al (2009b); Giffhorn et al (2009c); Oliveira Neto e Fontenele (2009); Lemes et al. (2010); Gallonet et al. (2011); Bana e Costa et al (2012b); Zago et al (2008); Fontenele e Oliveira Neto (2012); Appa et al (2010); Tasca et al (2012); Fontenele e Oliveira (2012)
Transporte Aéreo ou aviação	Soares de Mello et al. (2003b); Soares de Mello et al (2006); Stolt e Ensslin (2009); Lima e Damiani (2009); Madeira Junior et al. (2011a); Balsadi (2008)
Transporte Marítimo ou Aquaviário	Dutra e Ensslin (2005); Madeira Júnior et al. (2010b); Madeira Júnior et al. (2010a); Madeira Júnior et al. (2011b); Balsadi (2008); Madeira Júnior et al (2012)
Transporte Terrestre ou Urbano	Amaral et al (2012); Balsadi (2008)
Outros	Ensslin et al (2001)



Esta seção descreve um exercício de aplicação do MACBETH no âmbito da iniciativa *The Rio Climate Challenge* (RCC) (Rio Clima, 2012), cujas reuniões decorreram no Rio de Janeiro de 13 a 18 de Junho de 2012, em paralelo com a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO+20). Participaram na RCC técnicos, cientistas e políticos de vários países, interessados na problemática do aquecimento global, organizados em vários grupos de discussão. Um destes grupos reuniu em conferência de decisão para avaliar e priorizar medidas de “mitigação” visando conter a concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera abaixo de 450 ppm (Intergovernmental Panel on Climate Challenge, 2012). O grupo

seguiu as fases do processo MACBETH da Figura 1, começando por definir as medidas e três critérios para avaliá-las, numa sessão de estruturação que não será detalhada neste artigo: Critério 1: *Contribution to lower emissions*; Critério 2: *Contribution to innovation and a systemic shift*; Critério 3: *Contribution to equitable enhancement prosperity* (as reuniões decorreram em inglês).

Depois, na sessão de avaliação das medidas, o grupo começou por avaliá-las em cada critério. Para tal, adoptou-se uma versão simplificada do processo de votação em grupo proposto e fundamentado teoricamente em Bana e Costa et al (2012b). Primeiro, cada participante, individualmente, avaliou cada medida em termos de



Criterion 1		Individual judgements of degree to which the option lowers emissions											Group judgements				
Contribution to lower emissions		(-) Negative 0 Positive (+)															
Code	Actions Name	Score	Ref	extreme	very strong	strong	moderate	weak	very weak	no	very weak	moderate	strong	very strong	extreme	Difference to Status quo	Difference to next
op 1	Use fiscal instruments and eliminate subsidies to price fossil fuel use	125											2	2	13	very strong	no
op 2	Significantly reduce deforestation	125											2	12	4	very strong	no
op 18	Incorporate monetary value of ecosystem services	125											1	2	9	very strong	no
op 19	Reform GDP Indicator	125											1	2	3	very strong	very weak
op 4	Promote reforestation	100											4	7	1	strong - very strong	no
op 6	Promote project-based financing mechanisms	100											2	8	8	strong - very strong	no
op 10	International agreement on urban development	100											4	2	5	strong - very strong	no
op 15	Create a low-carbon Bretton Woods (like financial system with a common	100				1							1	2	2	strong - very strong	no
op 20	Develop an effective rules-based approach with enforcement	100								2			1	2	4	strong - very strong	no
op 22	Massive public investment by international bodies - New Green	100	upper ref.										1	2	2	strong - very strong	no
op 23	Promote low carbon agriculture and ecosystem management	100												6	9	strong - very strong	no
op 25	Individual per capita emission rights worldwide	100											4	4	5	strong - very strong	no
op 27	Facilitate public and private sector investment towards universal access	100											3	1	12	strong - very strong	very weak
op 3	Promote REDD+	75											7	8		moderate - strong	no
op 5	Promote cap-and-trade	75				1							3	7	5	moderate - strong	no
op 7	International norms and standards for energy efficiency	75											1	5	9	moderate - strong	no
op 9	Build mechanism for international technology transfer and capability	75							1				4	4	5	moderate - strong	no
op 11	Buy down the cost of low-carbon technologies	75		1									1	2	3	moderate - strong	no
op 12	Shift the focus of finance to resilient development	75											1	7	2	moderate - strong	no
op 16	Promote women's rights and health/reproductive rights	75											2	1	4	moderate - strong	no
op 17	Education around sustainability	75											2	6	5	moderate - strong	no
op 21	Internationally coordinated campaign around behavioral change	75								1	1		4	5	2	moderate - strong	no
op 24	Tax emissions from aviation and maritime transportation	75								1	1	1	9	3	3	moderate - strong	no
op 26	Include climate change in the mission and agenda of G20	75		1									2	3	4	moderate - strong	very weak
op 13	Global gadget on town square	50			1								1	2	3	weak - moderate	no
op 14	Create unified metrics and/or baselines related to mitigation targets	50											3	3	1	weak - moderate	no
op 28	Include climate change in the mission and agenda of existing and new other	50		1									1	2	7	weak - moderate	weak - moderate
SQ	Status quo	0	lower ref.													no	strong
op 8	Shift the focus away from CO2 emissions reduction	-100		1	2	6	3	1								(-) strong	

Figura 10. Avaliação da contribuição das medidas no critério 1.

contribuição (nula, positiva ou negativa) para melhorar o *status quo* segundo o critério em causa, votando em uma categoria do MACBETH. Para o Critério 1, os julgamentos individuais estão resumidos na parte central da Figura 10. Por exemplo, todos os participantes viram como positiva a contribuição da Medida *op 1*, sendo os votos individuais pouco dispersos e majoritariamente muito fortemente positivos (13). A dispersão de votos na medida *op 15* é bem maior, inclusive com um voto de contribuição negativa moderada e os restantes 14 positivos desde “fraca” até “extrema”. Note-se que o número de votos não é sempre o mesmo para todas as medidas porque a abstenção foi permitida. Quando a dispersão foi significativa, os participantes discutiram as razões da divergência e optaram em alguns casos pela redefinição das medidas, que no fim foram de 28, tendo alguns participantes procedido à revisão dos seus julgamentos individuais. Utilizando procedimentos simplificados, os votos individuais foram agregados na coluna ‘Difference to status quo’, o que permitiu ordenar as opções e definir as diferenças de contribuição entre opções consecutivas na coluna ‘Difference to next’. Os julgamentos do grupo foram depois inseridos no M-MACBETH e o grupo validou as pontuações propostas para as medidas e que constam da coluna ‘Score’. A escala de pontuação está ancorada, nas pontuações 0 para o *status*

*quo* (SQ) e 100 para uma medida de referência “boa” escolhida pelo grupo em cada critério. No critério 1 o debate conduziu à escolha da medida *op 22* (*New Green Deal*). Um processo similar foi usado para pontuar as medidas nos critérios 2 e 3.

A etapa seguinte consistiu na ponderação relativa dos três critérios. Primeiro, procurou-se explicar ao grupo o que há de errado em atribuir pesos diretamente, sem levar em conta as escalas de pontuação e as medidas de referência definidas como “boas” (Keeney (1992) chama-lhe o erro crítico mais comum).

Depois, os participantes julgaram a importância de uma “boa contribuição” em cada critério de cada vez, isto é, a atratividade global de obter uma contribuição equivalente à da medida de referência no critério, mas mantendo o status quo nos restantes dois critérios (à esquerda na Figura 10). Como antes, estes julgamentos individuais foram agregados, permitindo ordenar as contribuições boas por ordem de importância relativa. Por fim, o grupo avaliou qualitativamente a diferença entre cada duas contribuições “boas” (à direita na Figura 11), que foram agregados. A matriz MACBETH de ponderação é a mostrada na Figura 12, que mostra também os pesos MACBETH validados pelo grupo: 40%, 26,67%, 33,33% para os critérios 1, 2 e 3, respectivamente.

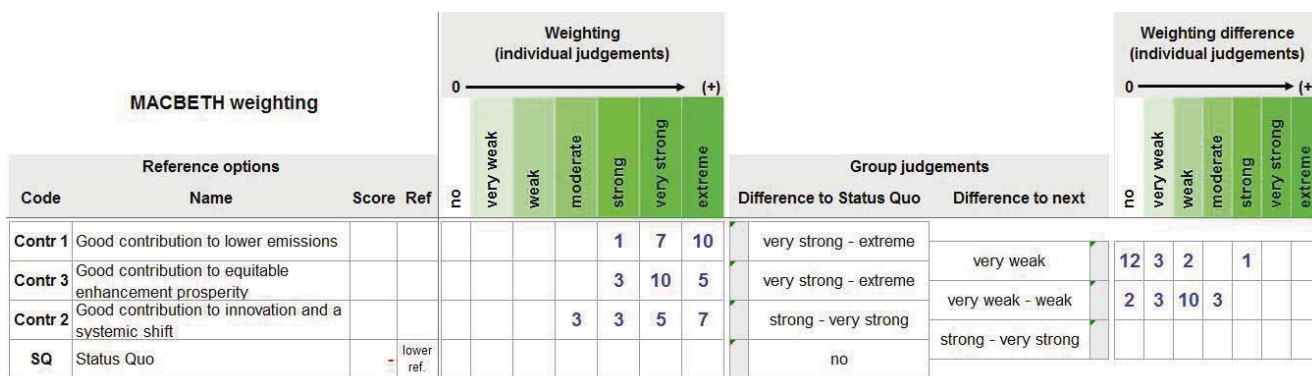


Figura 11. Votação MACBETH para ponderar os critérios.

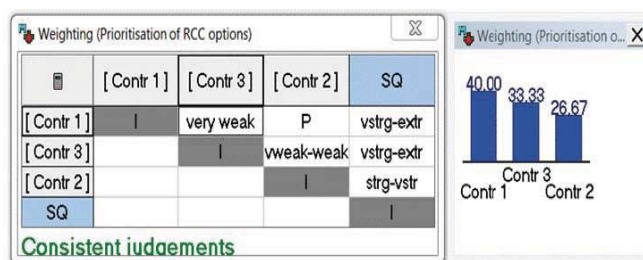


Figura 12. Matriz de julgamentos MACBETH e pesos validados pelo grupo.

A Tabela 2 mostra as pontuações parciais das medidas nos três critérios e as respectivas pontuações globais obtidas por soma ponderada. Para

a contribuição total de uma medida que fosse “boa” em todos os critérios resultaria, obviamente, uma pontuação global de 100.

Tabela 2. Pontuação das medidas, pesos dos critérios e contribuição total

Medida	Contribuição parcial			Contribuição Total
	Redução de emissões	Inovação e mudança sistêmica	Prosperidade equitativa	
19	125	125	100	117
18	125	125	83	111
22	100	125	100	107
1	125	125	67	106
15	100	125	83	101
9	75	125	100	97
11	75	125	100	97
12	75	125	100	97
23	100	100	83	94
27	100	75	100	93
21	75	125	83	91
6	100	75	83	88
10	100	75	83	88
25	100	75	83	88
2	125	50	67	86
17	75	75	100	83
4	100	75	67	82
20	100	75	67	82
16	75	50	100	77
5	75	75	67	72
7	75	75	67	72
3	75	50	83	71
26	75	75	33	61
13	50	75	33	51
28	50	50	50	50
14	50	50	33	44
24	75	50	0	43
8	-100	0	17	-34
Pesos	40%	26,67%	33,33%	

Independente da maior ou menor contribuição de uma medida, a sua implementação pode ser questionada, por exemplo, algumas medidas precisam de acordos internacionais difíceis de alcançar (por exemplo, a *op 21*) ou de outros requisitos nem sempre considerados realistas. Para levar em con-

ta estas preocupações, desenvolveu-se uma análise MACBETH sobre o nível de exequibilidade (*doability*) das medidas, usando um procedimento idêntico ao já exposto (ver Figura 13), mas, desta vez com medidas fictícias de referência *Full* e *Null* (totalmente exequível e não exequível, respectivamente).

Doability				Doability (individual judgements)						Group judgements		
Code	Actions Name	Score	Ref	0 → (+)						Difference to Not doable	Difference to next	
				no	very weak	weak	moderate	strong	very strong			extreme
Full	Fully doable	100	upper ref.								extreme	
op 13	Global gadget on town square	83					3	4	8	2	strong - very strong	very weak
op 17	Education around sustainability	83					1	3	11	2	strong - very strong	no
op 21	Internationally coordinated campaign around behavioral change	83				1	2	1	10	3	strong - very strong	no
op 27	Facilitate public and private sector investment towards universal access	83					4	7	5	1	strong - very strong	very weak
op 6	Promote project-based financing mechanisms	67		1		3	8	4	1		strong	very weak
op 2	Significantly reduce deforestation	50		1	1	4	8	3			moderate - strong	no
op 3	Promote REDD+	50	1	1	1	9	1	6			moderate - strong	no
op 4	Promote reforestation	50		1	1	4	5	6			moderate - strong	no
op 5	Promote cap-and-trade	50	1		3	8	3	2			moderate - strong	no
op 7	International norms and standards for energy efficiency	50		2	3	5		6	1		moderate - strong	no
op 9	Build mechanism for international technology transfer and capability	50		1	3	6	3	4			moderate - strong	no
op 11	Buy down the cost of low-carbon technologies	50		1	4	7	2	3			moderate - strong	no
op 12	Shift the focus of finance to resilient development	50			4	9	2	2			moderate - strong	no
op 16	Promote women's rights and health/reproductive rights	50		1	2	5	6	3			moderate - strong	no
op 22	Massive public investment by international bodies - New Green	50		1	5	4	3	4			moderate - strong	no
op 23	Promote low carbon agriculture and ecosystem management	50		1	1	4	5	5	1		moderate - strong	no
op 26	Include climate change in other instances (Wto, G20, Security	50			2	4	5	1	3	1	moderate - strong	no
op 28	Include climate change in the mission and agenda of existing and new other	50	1	2	3	3	4	3	1		moderate - strong	very weak
op 1	Use fiscal instruments and eliminate subsidies to price fossil fuel use	33		1	5	7	2	2			weak - moderate	no
op 8	Shift the focus away from CO2 emissions reduction	33	3		3	6	3	2			weak - moderate	no
op 10	International agreement on urban development	33	1	2	1	9	1	3			weak - moderate	no
op 14	Create unified metrics and/or baselines related to mitigation targets	33	1	3	6	2	3	2			weak - moderate	no
op 15	Create a low-carbon Bretton Woods (like financial system with a common	33		3	5	7		2			weak - moderate	no
op 18	Incorporate monetary value of ecosystem services	33		2	4	7	4				weak - moderate	no
op 19	Reform GDP indicator	33	1	1	4	5	5	1			weak - moderate	no
op 20	Develop an effective rules-based approach with enforcement	33		6	4	5		1	1		weak - moderate	no
op 24	Tax emissions from air and sea transport	33		2	3	6	3	3			weak - moderate	very weak - weak
op 25	Individual per capita emission rights worldwide	17		5	3	3	2	3			very weak - weak	very weak - weak
Null	Not doable	0	lower ref.								no	

Figura 13. Resultados da avaliação da exequibilidade das medidas

A Figura 14 mostra o posicionamento das medidas em termos de contribuição e exequibilidade e classificadas em quatro categorias de *value for the effort*:

- as “pérolas”, medidas com elevada contribuição e elevada exequibilidade. Estas medidas seriam as grandes candidatas para serem recomendadas para a discussão no RIO+20;
- as “ostras”, medidas com elevada contribuição mas de difícil exequibilidade, mas que no caso de eliminação das dificuldades

de implementação podiam tornar-se “pérolas”;

- as “pão com manteiga” (no quadrante IV), medidas de baixa contribuição mas de fácil implementação. Em alguns contextos estas medidas não deveriam ser descartadas, pois poderiam ser complementadas com outras medidas para obter benefícios no curto prazo;
- e os “elefantes brancos” (no quadrante III), medidas de baixa contribuição e de difícil implementação.



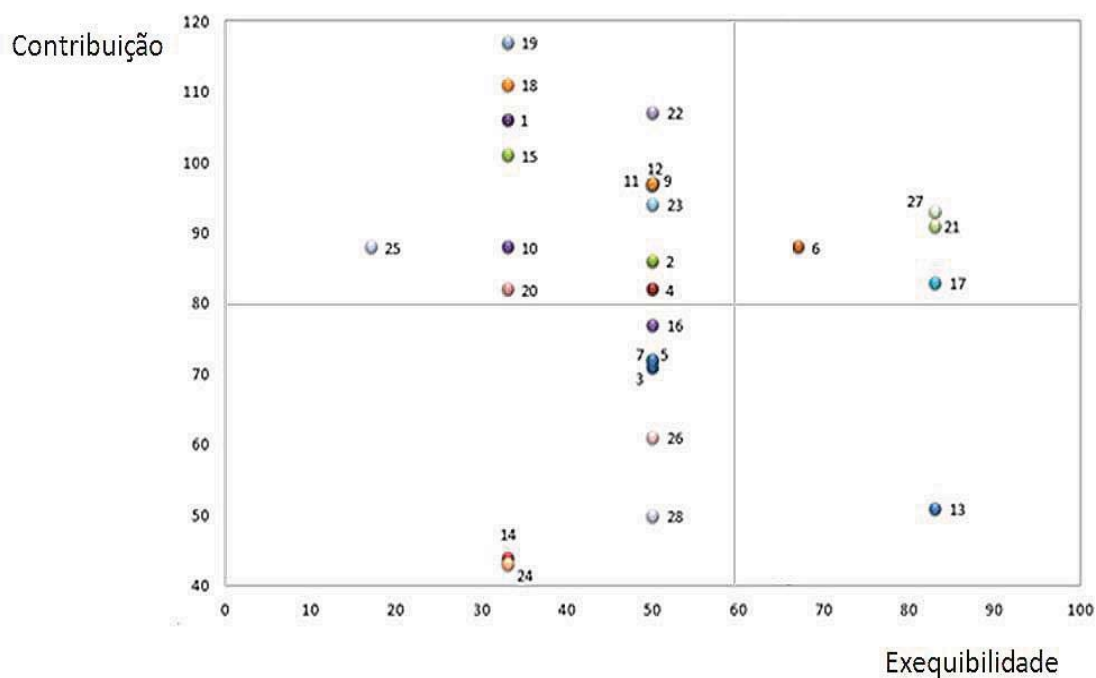


Figura 14. Exequibilidade vs. Contribuição

As fronteiras entre quadrantes foram definidas nas pontuações médias de 60 para a exequibilidade e 80 para a contribuição (vide Figura 14), sendo 4 medidas classificadas como “pérolas”: *Op 6* (*Promote Project based flexibility mechanisms*), *Op 17* (*Education around sustainability*), *Op 21* (*Internationally coordinated campaign around behavioral change*) e *Op 27* (*Facilitate public and private sector investment towards universal access to clean energy*).

Na última fase do processo, o grupo validou os resultados do modelo, procedendo a algumas análises de sensibilidade expeditas, com vista à elaboração de recomendações. No fim, o grupo decidiu recomendar como prioritárias as dez medidas com maior contribuição. Apesar destas medidas não apresentaram necessariamente elevados níveis de exequibilidade (somente umas destas medidas, a *Op 27*, é uma “pérola” (*Facilitate public and private sector investment towards universal access to clean energy*) foi considerado que é possível trabalhar no sentido de criar as condições necessárias para a implementação/exequibilidade destas medidas. Este grupo de medidas foi classificada de Economia Verde. O grupo decidiu igualmente incluir, a um segundo nível, um segundo conjunto de recomendações da área de Governança, tendo para o efeito selecionado as quatro medidas neste

âmbito com maior contribuição – as medidas *Op 13*, *14*, *20* e *26* (com as medidas *Op 13* e *14* fundidas numa única medida). Por inerência, o texto final (Rio Clima, 2012) integrou os conjuntos de medidas Economia Verde e Governança.

Cabe igualmente destacar que tanto o relatório completo com todas as medidas ordenadas pela sua contribuição total, assim como as “pérolas” foram encaminhadas para discussão no COP-18 (Recommendations of The Rio Climate Challenge (RCC) initiative for the COP-18, 2012) a ser realizada no Qatar, em Dezembro de 2012.

#### 4. CONCLUSÕES

Para além do MACBETH, há outros métodos multicritérios baseados em comparações binárias, isto é, em julgamentos de comparação de opções duas a duas, entre si e ou com referências, em cada um dos múltiplos critérios. Estes métodos, no entanto, não se baseiam no mesmo tipo de informação preferencial. Exemplificando com dois métodos bem conhecidos, os ELECTRE (Figueira et al., 2005) modelizam apenas estruturas de preferência ordinal – as duas opções ( $x$  e  $y$ ) são indiferentes ( $xIy$ ) ou uma é estritamente preferível à outra ( $xPy$ ) (ou hesitação entre indiferença e preferência estrita,  $xQy$ ). Por outro lado, o método AHP (Saaty, 2005) requer do

avaliador, quando  $xPy$ , um juízo cardinal, qualitativo ou quantitativo, sobre o número de vezes que  $x$  é preferível a  $y$  (um *ratio judgement*). A informação preferencial no MACBETH situa-se a um nível intermédio entre o ordinal (do ELECTRE) e o cardinal (do AHP), porque o juízo qualitativo pedido ao avaliador é, como exposto no artigo, sobre a diferença não a razão – de valor entre cada duas opções. Naturalmente, todos os três métodos são sujeitos a crítica quanto ao número de julgamentos que requerem, que poderá ser visto como demasiado teoricamente, a comparação de todas as opções umas com as outras, em cada critério – em particular quando se pretende aceder a informação cardinal, como no AHP e no MACBETH. No entanto, na prática, qualquer dos métodos pode ser utilizado com apenas algumas comparações binárias. Apesar disto, não deixa de ser oportuno o argumento de que um processo de pontuação direta (como usado no método SMART e suas variantes – Edwards, 1977; Edwards e Barron, 1994, é mais simples para um avaliador com aptidão numérica (“numeracia”). A este propósito, Fasolo e Bana e Costa (2013) desenvolveram um estudo experimental de preferência dos avaliadores pelos questionamentos do SMART e do MACBETH, tendo concluído, precisamente, que a escolha depende do nível de literacia e de numeracia.

Por outro lado, independentemente da análise crítica que se possa fazer ao procedimento de obtenção de uma pontuação para cada opção em cada critério no AHP (*cf.* Bana e Costa e Vansnick, 2008) ou sobre o processo de agregação inter-critérios no ELECTRE (*cf.* Belton e Stewart, 2002), ambos são controversos sobre os processos de questionamento utilizados para aceder a informação inter-critérios, ou, dito de forma mais simples, na utilização de questões diretas sobre a importância relativa dos critérios (o “erro crítico mais comum”, Keeney, 1992). A utilização de referências para ponderação no MACBETH permite evitar esta crítica. No entanto, este rigor metodológico é obtido à custa de uma maior complexidade das questões que são colocadas ao avaliador, ou, melhor dito, da dificuldade – também sentida no caso RCC – do facilitador em fazer entender ao avaliador o julgamento que se lhe pede. Outra crítica diz respeito à natureza de “black box” dos proce-

dimentos acima referidos no ELECTRE e no AHP e, no caso do MACBETH, à forma como é construída a escala de pontuação a partir dos julgamentos de diferença de atratividade: será legítimo propor ao avaliador uma escala de pontuação, que supostamente reconcilia todos os seus julgamentos qualitativos, sem cuidar que ele perceba como o método manipula esses julgamentos para obter pontuações? Foi precisamente para responder a esta questão que foi desenvolvido um algoritmo para obter à mão a escala MACBETH de base (Bana e Costa et al., 2012a), o qual pode ser explicado de forma simples pelo facilitador com base numa matriz de julgamentos consistentes de pequena dimensão (ver Bana e Costa, 2007).

De entre os aspectos específicos valorizados por participantes em processos sócio-técnicos MACBETH destacam-se (Bana e Costa et al., 2012a): o uso de julgamentos qualitativos em conjunto com a possibilidade de escolha de vários julgamentos de diferença de atratividade, o que permite modelar situações de dúvida ou divergência; a interatividade permitida pelo M-MACBETH na análise e validação de escalas quantitativas compatíveis com a matriz de julgamentos qualitativos; e a verificação da consistência dos julgamentos de cada vez que um deles é emitido e a capacidade de propor sugestões para resolver as inconsistências detectadas. Além destes, tem sido também enfatizado o uso de sistemas participativos e de votação na promoção da convergência de ideias e na formação de compromissos (Bana e Costa et al., 2012b).

Existem vários desafios metodológicos e práticos para o desenvolvimento do MACBETH. Nomeadamente, há potencial de extensão da aplicação do método para novas áreas de aplicação e para novas problemáticas (Blomberg et al., 2012); e há espaço para estender e melhorar o uso integrado do MACBETH com outros métodos, em um contexto multi-metodológico (Mingers e Brookesby, 1997), assim como de desenvolver o sistema de apoio à decisão M-MACBETH e o seu interface com outros sistemas de apoio à decisão. Adicionalmente, desenvolvimentos técnicos podem ser acrescentados, por exemplo, desenvolver as funcionalidades para testar a compatibilidade da matriz de julgamentos com escalas de valor padrão da literatura (como testa-

do em Bana e Costa e Oliveira, 2012) e novos sistemas MACBETH para apoiar a decisão em distintos processos de participação, e.g. entrevista ou inquérito, ou permitindo a utilização do método online, como é o caso da recente solução WISED ([http:// www.wiseds.com/](http://www.wiseds.com/)).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos participantes da iniciativa Rio Clima, especialmente ao seu promotor, o Deputado Alfredo Sirkis, pela oportunidade de desenvolvimento do caso, bem como o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia de Portugal para a investigação de base, em que colaboraram Ricardo Mateus e João Bana e Costa.

## BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, L. H., ALBUQUERQUE, A. B. & PINHEIRO, P. R. 2012. A Multi-Criteria Model for Planning and Fine-Tuning Global Agile Software Development Projects. *International Journal of Knowledge Society Research (IJKS)*, 3, 1-12.

ALMEIDA, L. H., PINHEIRO, P. R. & ALBUQUERQUE, A. B. 2011. Applying Multi-Criteria Decision Analysis to Global Software Development with Scrum Project Planning. *Lecture Notes in Computer Science*, 6954, 311-320.

AMARAL, D. S., HOLZHEY, K. D., MONTIBELLER, G. & YOSHIZAKI, H. 2012. Análise Multicritério Aplicada A Tomada De Decisão Estratégica De Escolha Entre Modais De Transporte – Um Estudo De Caso Da Indústria De Eletrônicos De Manaus. *XV SPOLM*. Escola de Guerra Naval - Urca - RJ.

ANGULO-MEZA, L., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. & OLIVEIRA, L. S. M. Weight restrictions in Data Envelopment Analysis using Multicriteria Tools. *EURO XXXIV Lisbon - 24th European Conference on Operational Research*, 2010 Lisboa. 69-69.

APPA, G., BANA E COSTA, C. A., CHAGAS,

M. P., FERREIRA, F. C. & SOARES, J. O. 2010. DEA in X-factor evaluation for the Brazilian Electricity Distribution Industry. *Working Paper LSE-OR 12-121*. London School of Economics, U.K.

ARROW, K. J. 1951. *Social Choice and Individual Values*, New York, Wiley.

AZEVEDO, J. 2001. *Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão na seleção de centros de usinagem para uma central de usinagem*. Mestre Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina.

AZEVEDO, R. C., ENSSLIN, L., LACERDA, R. T. O., FRANÇA, L. A., GONZÁLEZ, C. J. I., JUNGLES, A. E. & ENSSLIN, S. R. 2011. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. *Ambiente Construído*, 11, 85-104.

BALSADI, O. V. 2007. *Qualidade do Emprego e Condições de Vida das Famílias dos Empregados na Agricultura Brasileira no Período 1992-2004*, Brasília, DF, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

BALSADI, O. V. 2008. O mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no período 1992-2006. *In: FILHO, F. B. B. (ed.) Energia e Biomassa*. Brasília.

BALSADI, O. V. & GOMES, E. G. 2007. Evolução das condições das famílias dos empregados na agricultura brasileira no período 1992-2004. *Revista de Economia Agrícola*, 54, 67-101.

BANA CONSULTING. 2005. *M-MACBETH Versão 1.1: Manual do usuário* [Online]. Available: <http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-MACBETH%20Manual%20do%20usuario.pdf>.

BANA E COSTA, C. A., CORRÊA, E. C., DE CORTE, J. M. & VANSNICK, J. C. 2002. Facilitating bid evaluation in public call for tenders: A socio-technical approach. *Omega*, 30, 227-242.

BANA E COSTA, C. A., CORRÊA, E. C., FERREIRA, F. C. & SOUZA, R. C. Um Modelo de

- Avaliação Integrado Multicritério (MAIM) para as Agências de Regulação Brasileiras. I Congresso Brasileiro de Regulação de Serviços Públicos Concedidos, 2-5 de Julho, 2000 2000a Salvador (BA), Brasil.
- BANA E COSTA, C. A., DE CORTE, J.-M. & VANSNICK, J.-C. 2012a. MACBETH. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11, 359-387.
- BANA E COSTA, C. A., DE CORTE, J. M. & VANSNICK, J. C. 2005. On the mathematical foundations of Macbeth. In: FIGUEIRA, J., GRECO, S. & EHRGOTT, M. (eds.) *Multiple Criteria Decision Analysis: state of the art surveys*. Kluwer Academic Publishers.
- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L., CORREA, E. C. & VANSNICK, J.-C. 1999a. Mapping critical factors for the survival of firms: a case-study in the Brazilian textile industry. In: KERSTEN, G. E., MIKOLAJUK, Z. & YEH, A. G. (eds.) *Decision support systems for sustainable development: a resource book of methods and applications*. Ottawa, Canada: Kluwer Academic Publishers.
- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L., CORREA, E. C. & VANSNICK, J. C. 1999b. Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. *European Journal of Operational Research*, 113, 315-335.
- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L. & COSTA, A. P. 1998a. Structuring the Process of Choosing Rice Varieties at the South of Brazil. In: BEINAT, E. & NIJKAMP, P. (eds.) *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L. & HOLZ, E. Avaliação Ambiental em Situação de Conflito de Interesses – Um Estudo de Caso. IX SILUBESA, Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000b Porto Seguro (BA).
- BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L. & ZANELLA, I. J. 1998b. A Real-World MCDA Application in Cellular Telephony Systems. *Trends in Multicriteria Decision Making – Proceedings of the 13th International Conference on Multiple Criteria Decision Making, Cape Town, South Africa*. Berlin: Springer-Verlag.
- BANA E COSTA, C. A., LOURENÇO, J. C., OLIVEIRA, M. D. & BANA E COSTA, J. C. 2012b. A Socio-Technical Approach for Group Decision Support in Public Strategic Planning: The Pernambuco PPA case. *Group Decision and Negotiation*, accepted for publication.
- BANA E COSTA, C. A., OLIVEIRA, C. S. & VIEIRA, V. 2008. Prioritization of bridges and tunnels in earthquake risk mitigation using multicriteria decision analysis: Application to Lisbon. *Omega*, 36, 442-450.
- BANA E COSTA, C. A. & OLIVEIRA, M. D. 2012. A multicriteria decision analysis model for faculty evaluation. *OMEGA: The International Journal of Management Science*, 40, 424-436.
- BANA E COSTA, C. A. & SILVA, M. B. F. A. 2008. Modelo Multicritério de Avaliação de Capacidade Empreendedora em Empresas de Base Tecnológica *Engevista*, 10, 4-14.
- BANA E COSTA, C. A. & VANSNICK, J. C. 1995. Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional*, 15, 15-35.
- BANA E COSTA, C. A. & VANSNICK, J. C. 2008. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research*, 187, 1422-1428.
- BANA E COSTA, J. 2007. Behind MACBETH. *Nato Advanced Research on Risk, Uncertainty and Decision Analysis for Environmental Security and Nonchemical Stressors*. Lisboa, Portugal.
- BELTON, V. & STEWART, T. J. 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis*, Springer.
- BERNDT, A., ENSSLIN, L. & PEREIRA, V.



2000. Handicapped person articulation stability evaluation model - A rehabilitation program in state of Santa Catarina (Brazil). In: PODGORSKI, D. & KARWOWSKI, W. (eds.) *2nd International Conference on Ergonomics and Safety for Global Business Quality and Productivity*. Warsaw, POLAND.
- BLOMBERG, J., HENRIKSSON, E. & LUNDMARK, R. 2012. Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: A data envelopment analysis approach. *Energy Policy*, 42, 569-579.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2010a. Avaliação de Desempenho dos Aspectos Tangíveis e Intangíveis da Área de Mercado: estudo de caso em uma média empresa industrial. *RBGN Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 12, 425-446.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2010b. Construção de um modelo de avaliação de desempenho para a gestão financeira de uma empresa de informática *CAP-Accounting and Management*, 4, 12-22.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2011a. Avaliação de desempenho das variáveis financeiras e não financeiras que respondem pelo desempenho de uma indústria de móveis. *Revista Gestão Industrial*, 7, 24-47.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2011b. Avaliação de desempenho multicritério como apoio à gestão de empresas: aplicação em uma empresa de serviços. *Gestão & Produção*, 18, 633-650.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2011c. Metodologia multicritério para avaliação de desempenho da gestão de uma empresa familiar. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 6, 109-127.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R., LYRIO, M. V. L. & ENSSLIN, L. 2009. Proposta de um modelo multicritério de avaliação de desempenho econômico-financeiro para apoiar decisões de investimentos em empresas de capital aberto. *CAP Accounting and Management*, 3, 100-110.
- BORTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R., LYRIO, M. V. L. & ENSSLIN, L. 2011d. Avaliação de Desempenho Econômico-Financeiro: uma Proposta de Integração de Indicadores Contábeis Tradicionais por Meio da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C). *Revista Alcance*, 18, 200-218.
- BORTOLUZZI, S. C., LYRIO, M. V. L. & ENSSLIN, L. 2008. Avaliação de desempenho econômico-financeiro: uma proposta de integração de indicadores contábeis tradicionais por meio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista (MCDA-C). *XV Congresso Brasileiro de Custos*. Curitiba - PR, Brasil.
- BRASIL FILHO, A., MARÇAL, A. S. C., COSTA, G. C. & PINHEIRO, P. R. Staff Scheduling Optimization in Information Technology Projects. The Fourth IEEE Conference on Service Systems and Service Management, 2007 University of Electronic Science and Technology of China Chengdu, P. R. China 312-317.
- BRASIL FILHO, A. T., MARÇAL, A. S. C., COSTA, G. C., PINHEIRO, P. R. & PINHEIRO, R. F. 2009. A Novel Approach Based on Staff Scheduling Optimization in Information Technology Projects. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 9, 277-286.
- CALÔBA, G. M. & LINS, M. P. E. 2006. Performance assessment of the soccer teams in Brazil using DEA. *Pesquisa Operacional*, 26, 521-536.
- CARDOSO, F. J. P., GOMES, L. F. A. M. & JUNIOR, M. S. 2003. Administração das operações de telecomunicação: Uma análise de decisão. *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, 2, 91-103.
- CARPES, M. M. M., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2006. Avaliação do desempenho das práticas de responsabilidade social na gestão organizacional por meio da metodologia MCDA-Constructivista: uma abordagem aos modelos já existentes. *Alcance*, 13, 91-112.

- CHAVES, M. C. D. C., GOMES, C. F. S. & PEREIRA, E. R. Avaliação de Biocombustíveis utilizando o Apoio Multicritério à Decisão. XLII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2010, Bento Gonçalves.
- COSTA, H. R., VIEIRA, G. B., LEITE, L. C. C. F. & ROCHA, A. R. Desenvolvimento de um Ambiente de Apoio à Tomada de Decisões em Projetos de Software. In: COMPUTAÇÃO, S. B. D., ed. VII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS 2008), 2008 Florianópolis, SC. 91-106.
- CUNHA, J. A. O. G., THOMAS, J. P. C. F. & MOURA, H. P. As Conferências de Decisão na Resolução de Conflitos em Projetos de Software. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2008a Florianópolis.
- CUNHA, J. A. O. G., THOMAS, J. P. C. F. & MOURA, H. P. Um modelo de avaliação de produtividade de projetos de software baseado em uma abordagem multicritério. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2008b Florianópolis.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & CONRADO DE SOUZA, G. G. A Scheduling Process Applied to Newspaper Production. 2006 International Conference on Service Systems and Service Management, 2006 Troyes. 1245 - 1250.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R., PINHEIRO, M. & TAMANINI, I. Towards the Applied Hybrid Model in Decision Making: A Neuropsychological Diagnosis of Alzheimer's Disease Study Case. 4th International Conference on Rough Sets and Knowledge Technology Australia, 2011. Atlantis Press.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & PINHEIRO, M. C. D. 2008a. A Hybrid Model for Aiding in Decision Making for the Neuropsychological Diagnosis of Alzheimer's Disease. *Rough Sets and Current Trends in Computing*. Springer Berlin / Heidelberg.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & PINHEIRO, M. C. D. 2008b. A Multicriteria Model Applied in the Diagnosis of Alzheimer's Disease. *Rough Sets and Knowledge Technology*. Springer Berlin / Heidelberg.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & PINHEIRO, M. C. D. 2009a. An Approach for the Neuropsychological Diagnosis of Alzheimer's Disease: A Hybrid Model in Decision Making. *Rough Sets and Knowledge Technology*. Springer Berlin / Heidelberg.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & PINHEIRO, M. C. D. 2009b. Towards the Neuropsychological Diagnosis of Alzheimer's Disease: A Hybrid Model in Decision Making. *Best Practices for the Knowledge Society: Knowledge, Learning, Development and Technology for All*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- DE CASTRO, A. K. A., PINHEIRO, P. R. & SOUZA, G. G. C. D. 2008c. Application Multicriteria Decision Analysis on TV Digital. *Advances in Computer and Information Sciences and Engineering*. Springer Netherlands.
- DE LIMA, A. S. & DAMIANI, J. H. S. A Proposed Method for Modeling Research and Development (R&D) Project Prioritization Criteria. Portland International Conference on Management of Engineering & Technology, 2009. PICMET 2009. , 2009 Portland, Oregon, USA. 599 - 608.
- DELLA BRUNA JR., E., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. Supply chain performance evaluation: a case study in a company of equipment for refrigeration. 2011 IEEE International Technology Management Conference, 2011 San Jose, USA. 969 - 978.
- DUTRA, A., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. & LIMA, M. V. A. 2008. Inovação no processo de avaliação do desempenho organizacional: o uso da dimensão integrativa. *RAI: Revista de Administração e Inovação*, 5, 150-163.
- DUTRA, A. & ENSSLIN, S. R. 2005. Avaliação do desempenho de órgãos públicos: proposta de um estudo de caso. *X Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública*. Santiago, Chile.

- DUTRA, A., ENSSLIN, S. R., ENSSLIN, L. & LIMA, M. V. A. 2009. A incorporação da dimensão integrativa nos processos de avaliação do desempenho organizacional: um estudo de caso. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, 6, 109-136.
- EDWARDS, W. 1977. How to use multiattribute utility measurement for social decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*, 7, 326-340.
- EDWARDS, W. & BARRON, F. H. 1994. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60.
- ENSSLIN, L., ANDREIS, M., MEDAGLIA, T. A., DE CARLI, H. & ENSSLIN, S. R. 2012a. Modelo multicritério para avaliação e seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento em uma empresa distribuidora de energia. *Revista Gestão Industrial*, 8, 164-198.
- ENSSLIN, L., BANA E COSTA, C. A., MARTINS, F. M., COSTA, A. P., HOLZ, H. & SILVA, F. F. Avaliação de Políticas de Gerenciamento de Máquinas Colheitadeiras de Arroz - Uma Aplicação do Macbeth. XXVIII SBPO e VIII CLAIO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional e Latin-Iberian-American Congress on Operations Research and Systems Engineering, 1996a Rio de Janeiro. 272-277.
- ENSSLIN, L., CORRÊA, E., ZANELLA, I., MONTIBELLER NETO, G. & BANA E COSTA, C. A. Construção de um Modelo Multicritério de Apoio à Decisão Utilizando a Metodologia MACBETH - Estudo de Caso. XXVIII SBPO e VIII CLAIO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional e Latin-Iberian-American Congress on Operations Research and Systems Engineering, 1996b Rio de Janeiro. 248-253.
- ENSSLIN, L., DUTRA, A. & ENSSLIN, S. R. Uma abordagem construtivista - MCDA - para auxiliar na compreensão das variáveis a serem consideradas no desenvolvimento de um instrumento de avaliação de desempenho: um estudo de caso. XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, 4th International Congress of Industrial Engineering, 1998 Niteroi-RJ.
- ENSSLIN, L., DUTRA, A. & ENSSLIN, S. R. 2000a. MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. *International Transactions in Operational Research*, 7, 79-100.
- ENSSLIN, L. & ENSSLIN, E. 2012. Strategy for the Identification of Actions to Improve the University Staff Performance in a Constructivist Way. Universidade Federal de Santa Catarina
- ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 1998. Elaboração de um modelo construtivista para identificação de oportunidades de aperfeiçoamento de docentes do EPS-UFSC. *Revista Produto & Produção*, 2, 143-149.
- ENSSLIN, L., GIFFHORN, E., ENSSLIN, S. R., PETRI, S. M. & VIANNA, W. B. 2010. Avaliação do desempenho de Empresas Terceirizadas com o uso da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista. *Pesquisa Operacional*, 30, 125-152.
- ENSSLIN, L., MONTIBELLER NETO, G. & DE LIMA, M. V. A. 2000b. Constructing and Implementing a DSS to Help Evaluate Perceived Risk of Accounts Receivable. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 487, 248-259.
- ENSSLIN, L., MONTIBELLER NETO, G. & NORONHA, S. M. D. 2001. *Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*, Florianópolis (SC), Editora Insular.
- ENSSLIN, L. & NORONHA, S. M. D. Avaliação de Alternativas Energéticas para Caldeiras utilizadas Na Indústria Têxtil usando uma Abordagem MCDA. XVIII Encontro de Engenharia de Produção - ENEGEP, 1998 Niterói.
- ENSSLIN, L., QUEIROZ, S. G., GRZEBIELUCKAS, C., ENSSLIN, S. R., NICKEL, E., BUSSON, M. A. & BALBIM, A. J. 2011. Identificação

ção das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento de produtos: uma proposta de inovação ilustrada para o segmento automotivo. *Produção*, 21, 555-569.

ENSSLIN, L., RAUPP, T. S., ANDREIS, M., ROSA, D. S. & WITTE, T. Identificação e Avaliação dos Objetivos Estratégicos de uma Empresa Junior por meio da MCDA-C. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2008a Rio de Janeiro.

ENSSLIN, L., ZANELLA, I. J. & ENSSLIN, E. 1997a. Decision Aiding as a Basis to a Learning System Implementation. *3th International Congress of Industrial Engineering*. Gramado - RS.

ENSSLIN, L., ZANELLA, I. J. & ENSSLIN, E. 1997b. Structuring a Real-World MCDA Application. *IIIrd International Congress of Industrial Engineering*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Gramado (Brazil).

ENSSLIN, L., ZANELLA, I. J. & NORONHA, S. M. D. 1999. A Decision Aid Approach Applied to a Telecommunications Company. *19º ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. RIO DE JANEIRO.

ENSSLIN, S. R., CARVALHO, F. N., GALLON, A. V. & ENSSLIN, L. 2008b. Uma metodologia multicritério (MCDA-C) para apoiar o gerenciamento do capital intelectual organizacional. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 9, 136-163.

ENSSLIN, S. R., ENSSLIN, L. & BACK, F. T. E. E. 2012b. Modelo para apoiar a gestão da alocação de pessoas com base na demanda de conhecimento quando do desenvolvimento de projetos.

ESPÍNDOLA, C. L., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. Fundo de Capital de Risco: Construção de um Modelo Multicritério para Apoiar a Seleção dos Investimentos do Fundo Santa Catarina XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2008 Rio de Janeiro.

ESPÍNDOLA, C. L., ENSSLIN, S. R. & ENSS-

LIN, L. 2009. Fundo de investimento em capital de risco: construção de um modelo multicritério para apoiar o Fundo Santa Catarina no processo de seleção das micro e pequenas empresas inovadoras - sob a perspectiva da MCDA-C. *INGEPRO Inovação, Gestão e Produção*, 1, 85-97.

FASOLO, B. & BANA E COSTA, C. A. 2013. Tailoring value elicitation to decision makers' numeracy and fluency: expressing value judgments in numbers or words. Londres: London School of Economics.

FIGUEIRA, J., MOUSSEAU, V. & ROY, B. 2005. ELECTRE Methods. In: FIGUEIRA, J., GRECO, S. & EHRGOTT, M. (eds.) *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Kluwer Academic Publishers.

FONTENELE, R. E. S. & OLIVEIRA NETO, J. L. 2012. Estratégia para Seleção de Empresas de Base Tecnológica Candidatas à Incubação: Proposta de uma Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão. *Scientia*, 1, 1-17.

GALLON, A. V., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2011. Avaliação de desempenho organizacional em incubadoras de empresas por meio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista (MCDA-C): a experiência do midi tecnológico. *RAI : Revista de Administração e Inovação*, 8, 37-63.

GIFFHORN, E., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. & VIANNA, W. B. 2009a. Aperfeiçoamento da Gestão Organizacional por meio da Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão *Revista Gestão Industrial*, 5, 183-204.

GIFFHORN, E., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. & VIANNA, W. B. 2009b. Multicriteria Methodology for KPI Identification in Outsourced Projects. *23RD IPMA World Congress*. Helsinki, Finland.

GIFFHORN, E., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. & VIANNA, W. B. Proposal of a Multicriteria Performance Evaluation for Outsourced Project Providers. Performance Measurement Association Conference 2009, 2009c University of



Otago, New Zealand. 18.

GOMES, E. G. & ALENCAR, M. C. F. 2005a. Proposição de um Índice de Produção para Bibliotecas com uso do Método MACBETH. *Engevista*, 7, 21-31.

GOMES, E. G. & ALENCAR, M. D. C. A. 2005b. Índice de produção ponderado de atividades de bibliotecas: uma abordagem multicritério. *Ciência da Informação*, 34, 9-18.

GOMES, E. G., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. & LINS, M. P. E. Uso da Análise Envoltória de Dados e Auxílio Multicritério à Decisão na Análise dos resultados das Olimpíadas 2000. XXI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001 Salvador.

GOMES, E. G., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. & MANGABEIRA, J. A. D. C. 2008. Índice multicritério de bem estar social rural em um município da região amazônica. *Pesquisa Operacional*, 28, 141-160.

GOMES JÚNIOR, S. F., CHAVES, M. C. D. C., PEREIRA, E. R., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. & LIMA, G. B. A. 2011. Integração de métodos multicritério na busca da sustentabilidade agrícola para a produção de tomates no município de São José de Ubá-RJ. *Pesquisa Operacional*, 31, 157-171.

GOMES, L. F. A. M., RANGEL, L. A. D., SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G. & FUKS, S. 2002. Apoio à administração universitária: aplicação dos métodos Macbeth e Uta na Universidade Federal Fluminense. *Revista de Administração Mackenzie*, 3, 155-174.

GRZEBIELUCKAS, C., BUSON, M. A., QUEIROZ, S. G., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R., NICKEL, E. & BALBIM, A. J. 2011. Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do design: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel. *Gestão & Produção*, 18, 337-350.

GUTIERREZ, R. H., CRUZ, E. P. & MELLO, J. C. C. B. S. D. 2002. Decisão de Investimento

Público na Área de Saúde: Uma proposta metodológica. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Curitiba - PR.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHALLENGE. 2012. Available: <http://www.ipcc.ch/>.

JUNIOR, H. V., KIENITAZ, K. H. & BELDERAIN, M. C. N. 2009. Metodologia de Apoio a Decisão para os Processos de Seleção de Alvos e Armamentos. *Spectrum - Revista do Comando-Geral de Operações Aéreas*, 12, 25-27.

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

KIRKWOOD, C. W. 1997. *Strategic Decision Making: Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets*, Belmont, CA, Duxbury Press.

LACERDA, R. T. O., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2010. Um estudo de caso sobre gerenciamento de portfólio de projetos e apoio à decisão multicritério. *Revista Gestão Industrial*, 6, 1-29.

LACERDA, R. T. O., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2011a. A Performance Measurement Framework in Portfolio Management: A Constructivist Case. *Management Decision*, 49, 648-668.

LACERDA, R. T. O., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2011b. A performance measurement view of IT project management. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60, 132-151.

LEMES, C. E. M., BARBOSA, L. M. S., FERAZ, F. T. & SOARES DE MELLO, J. C. C. B. 2010. Aplicação integrada dos métodos multicritérios MACBETH e VIP Analysis para seleção de candidatos para entrevista. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção (UFF)*, 10, 5-20.

LIMA, M. V. A., ENSSLIN, L. & MONTIBELLER NETO, G. 2008. Modelo multicritério para

gerenciamento de risco por uma empresa de factoring. *Revista de Economia e Administração*, 7, 328-340.

LIMA, M. V. A., LIMA, C. R. M. D. & LOPES, A. L. M. 2010. Apoio multicritério na gestão de estrutura de capitais das organizações. *XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas.

LIMA, M. V. A. D., LOPES, A. L. M. & DUTRA, A. 2009. Contribuição da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Método do Fluxo de Caixa Descontado usado para avaliar empresas de pequeno porte. *Revista Gestão Industrial*, 5, 136-154.

LYRIO, M. V. L., BROTTI, V., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2008. Proposta de um modelo para avaliar o grau de transparência das demonstrações financeiras publicadas por uma instituição pública de ensino superior brasileira: a abordagem da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista. *Contabilidade, Gestão e Governança*, 11, 170-186.

LYRIO, M. V. L., DUTRA, A., ENSSLIN, S. R. & ENSSLIN, L. 2007. Construção de um Modelo de Avaliação de Desempenho da Secretaria de Desenvolvimento Regional da Grande Florianópolis: a proposta da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista. *Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 5, 31-40.

MACEDO, A. B. R. & CRUZ, E. P. Análise comparativa da produção de vermicomposto com base na produção de esterco de três fontes animais: um estudo sob a ótica da metodologia MACBETH. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.

MADEIRA JÚNIOR, A. G. 2004. *Avaliação de unidades de escolta através da modelagem de apoio à decisão*. Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MADEIRA JÚNIOR, A. G. & BELDERRAIN, M. C. N. 2011. MACBETH aplicado ao Cálculo

da Pena Base do Direito Penal Militar. *INGEPRO Inovação, Gestão e Produção*, 3, 56-66.

MADEIRA JÚNIOR, A. G., CARDOSO JÚNIOR, M. M., BELDERRAIN, M. C. N., CORREIA, A. R. & SCHWANZ, S. H. 2012. Multicriteria and multivariate analysis for post performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, 140, 450-456.

MADEIRA JÚNIOR, A. G., CARDOSO JÚNIOR, M. M., SCARPEL, R. A., CORREIA, A. R. & BELDERRAIN, M. C. N. 2011a. Multicriteria and Multivariate Analysis to Evaluate the Efficiency of Brazilian Airlines. *Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society*, 7, 51-62.

MADEIRA JÚNIOR, A. G., CORREIA, A. R. & BELDERRAIN, M. C. N. Cálculo indicador de Atratividade portuária por meio da análise fatorial e MACBETH para terminais de contêineres. ANPET, 2010a Salvador.

MADEIRA JÚNIOR, A. G., CORREIA, A. R. & BELDERRAIN, M. C. N. Integração da Metodologia de Apoio à Decisão Construtivista com a Análise Fatorial visando a Redução do Número de Critérios. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2011b Ubatuba.

MADEIRA JÚNIOR, A. G., NASCIMENTO, L. F., SEIXAS, M. R. & BELDERRAIN, M. C. N. Avaliação Multicritério dos Portos quanto à Sustentabilidade: TODIM X MACBETH. XII Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa, 2010b São José dos Campos: ITA.

MAIA, C. C., FONSECA, A. B. D. M., SOARES DE MELLO, J. C. C. B. & NUNES, M. V. R. 2004. Localização de ERBs com uso de Análise Envoltória de Dados. *Relatório de Pesquisa em Engenharia de Produção*, 4.

MAIA, C. C., NUNES, M. V. R., MELLO, J. C. C. B. S. D. & GOMES, E. G. 2002. Apoio multicritério à decisão da escolha da localização de uma estação Rádio Base. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Curitiba – PR.

- MARTINS, F. M., BELARMINO, L. C., SLUSZZ, T., MONTICELLI, C. J., MIELE, M. & SANDI, A. J. 2011. Modelo Multicritério para avaliação do potencial de negócios tecnológicos na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 28, 189-222.
- MENEZES, A. C., PINHEIRO, P. R., PINHEIRO, M. C. D. & CAVALCANTE, T. P. 2012. Towards the Applied Hybrid Model in Decision Making: Support the Early Diagnosis of Type 2 Diabetes. *Information Computing and Applications*.
- MINGERS, J. & BROCKESBY, J. 1997. Multimethodology: towards a framework for mixing methodologies. *Omega*, 25, 489-509.
- MONTIBELLER, G., BELTON, V. & LIMA, M. V. A. 2007. Supporting factoring transactions in Brazil using reasoning maps: a language-based DSS for evaluating accounts receivable. *Decision Support Systems*, 42, 2085- 2092.
- MORAES, L., GARCIA, R., ENSSLIN, L., CONCEIÇÃO, M. J. & CARVALHO, S. M. 2010. The multicriteria analysis for construction of benchmarks to support the Clinical Engineering in the Healthcare Technology Management. *European Journal of Operational Research*, 200, 607-615.
- MOREIRA, J. N. M. & BECKHAUSER, P. A. utilização da metodologia multicritério de apoio à decisão na priorização de projetos de implantação de sistemas de esgotos sanitários. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001 João Pessoa.
- NUNES, L. C. & PINHEIRO, P. L. R. 2008. Proposta de Priorização de Projetos e Demandas por Recursos de Tecnologia da Informação. *Informática Pública*, 10, 51-67.
- NUNES, L. C., PINHEIRO, P. R., PEQUENO, T. C. & PINHEIRO, M. C. D. 2010a. Support Tool in the Diagnosis of Major Depressive Disorder. *Communications in Computer and Information Science*, 112, 136-145.
- NUNES, L. C., PINHEIRO, P. R., PEQUENO, T. C. & PINHEIRO, M. C. D. 2010b. Support Tool in the Diagnosis of Major Depressive Disorder. *Organizational, Business, and Technological Aspects of the Knowledge Society*. Springer Berlin Heidelberg.
- NUNES, L. C., PINHEIRO, P. R., PEQUENO, T. S. C. & PINHEIRO, M. C. D. 2011. Toward an Application to Psychological Disorders Diagnosis. *Software Tools and Algorithms for Biological Systems*. Springer New York.
- OLIVEIRA NETO, J. L. & FONTENELE, R. E. S. Seleção de empresas de base tecnológica candidatas à incubação: uma abordagem multicritério com uso da metodologia M-Macbeth. XXV Simpósio de Gestão de Inovação Tecnológica, 2008 Brasília.
- OLIVEIRA NETO, J. L. & FONTENELE, R. E. S. Estratégia para seleção de empresas de base tecnológica candidatas à incubação: aplicação de uma metodologia multicritério de apoio à tomada de decisão. IV Encontro de Estudos em Estratégia, 2009 Recife, Pernambuco.
- PHILLIPS, L. D. & BANA E COSTA, C. A. 2007. Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Annals of Operations Research*, 154, 51-68.
- PINHEIRO, P. R., DE CASTRO, A. K. A. & PINHEIRO, M. C. D. A Multicriteria Model Applied in the Diagnosis of Alzheimer's Disease: A Bayesian Network. 11th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, 2008 São Paulo, Brasil. 15-22.
- PRATA FILHO, D. A., SALES, D. S. V. & SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Aspectos arquitetônicos e gestão de resíduos sólidos em edifícios comerciais, visto sob a análise multicritério. VI SIBESA - Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002 Vitória.
- RAMOS, P. R., BENEZ, M. C. & LOCH, C. 2007. Avaliação de Desempenho de Candidatos à

Outorga de Uso da Água para Abastecimento Humano: Estudo de caso da Bacia do Rio Cubatão do Sul. *Revista Produção Online*, 7, 110-135.

RANGEL, L. A. D., SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G. & GOMES, L. F. A. M. 2003. Avaliação da interiorização dos cursos da Universidade Federal Fluminense com o uso conjugado dos métodos UTA e MACBETH. *Investigação Operacional*, 23, 49-69.

RECOMMENDATIONS OF THE RIO CLIMATE CHALLENGE (RCC) INITIATIVE FOR THE COP-18 2012. Relatório dos grupos de trabalho de mitigação e financiamento de baixo carbono e adaptação às alterações climáticas do Rio Climate Challenge (2012) *Relatório interno*.

RIO CLIMA. 2012. *The Rio Climate Challenge - Rio Clima* [Online]. Rio de Janeiro. Available: <http://www.brasilnoclima.org.br/>.

RODRIGUES, A., PINHEIRO, P. R., RODRIGUES, M. M., ALBUQUERQUE, A. B. & GONÇALVES, F. M. 2009. Towards the Selection of Testable Use Cases and a Real Experience. *Communications in Computer and Information Science*, 49, 513-521.

RODRIGUES DA SILVA, A. N., COSTA, M. D. S. & MACEDO, M. H. 2008. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. *Transport Policy*, 15, 350-360.

ROSA, F. S., ENSSLIN, S. R., ENSSLIN, L. & LUNKES, R. J. 2012. Environmental disclosure management: a constructivist case. *Management Decision*, 50, 1117-1136.

SAATY, T. L. 2005. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In: FIGUEIRA, J., GRECO, S. & EHRGOTT, M. (eds.) *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*.

SALOMON, V. A. P. 2004. *Desempenho da Modelagem do Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios na Análise do Planejamento e Controle da Produção*. Doutor Thesis, Universidade de

São Paulo.

SANTOS, J. R. D., MARTINS, M. R. & SZAJNBOK, M. 2008. A Decisão de Aquisição e Descarte de Capital na Indústria Marítima Mundial: Uma Abordagem sob a Ótica da Análise de Decisão. *22º CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE*. SOBENA.

SANTOS, N. R., SOUTO, J. M. & DILL, R. P. Modelo Multicritério de Apoio à Identificação e Seleção de Municípios visando Projetos de Modernização Tributária. Encontro de Administração Pública e Governança, 2006 São Paulo.

SCHEIN, E. 1999. *Process consultation revisited: building the helping relationship*, Reading, MA, Addison-Wesley.

SENA, A. P. S. D., MOREIRA, A. C. M. & ENSSLIN, L. 2005. Projeto SIMAGE: Uma Ferramenta de Mudança para Avaliação da Gestão Estratégica. *CONVIBRA 05 - Congresso Virtual Brasileiro de Administração*.

SILVA, J. S. V. & BANA E COSTA, C. A. 2001. Especificação de uma ferramenta de apoio à decisão para gestão pública em regiões semi-áridas.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., ANGULO-MEZA, L., GOMES, E. G. & BIONDI NETO, L. 2006. Evaluación de la Concentración en una Ruta Aérea Brasileña con Modelo DEA y Frontera Invertida. *La Revista Facultad de Ingeniería - Universidad de Tarapacá*, 14, 64-71.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., FIALHO, T. R. & GOMES, E. G. 2003a. Escolha multicritério de uma opção de geração distribuída. *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Ouro Preto, MG, Brasil.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G., GOMES, L. F. A. M., BIONDI NETO, L. & LETA, F. R. 2003b. Seleção de Rota Aérea com o uso do Apoio Multicritério à Decisão *Engevista*, 5, 71-84.



- SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G., LETA, F. R. & VIDAL-PESSOLANI, R. B. 2003c. Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão e sua aplicação ao projeto Aerodesign. *Engevista*, 5, 22-35.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B., GOMES, E. G. & LINS, M. P. E. 2002a. Análise multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do método MACBETH. *Produção*, 11, 53-67.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B., LINS, M. P. E., SOARES DE MELLO, M. H. C. & GOMES, E. G. 2002b. Evaluating the performance of Calculus classes using operational research tools. *European Journal Of Engineering Education*, 27, 209-218
- STEFANO, N. M., SOUZA, J. V., MERLIN, F. K. & ENSSLIN, L. 2001. Modelo para Avaliar a Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial tendo em Vista sua Gestão. *Revista Gestão Industrial*, 7, 54-82.
- STOLT, R. & ENSSLIN, L. 2009. Avaliação de Pilotos de Very Light Jets utilizando-se a MCDA-C. *Conexão SIPAER*, 1, 85-103.
- TASCA, J. E., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2012. A avaliação de programas de capacitação: um estudo de caso na administração pública. *Revista de Administração Pública*, 46, 647-675.
- TEZZA, R., ZAMCOPE, F. C. & ENSSLIN, L. 2010. A metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista para a identificação e avaliação de habilidades para o setor de estamparia têxtil. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 5, 125-142.
- TÔSTO, S. G. & PEREIRA, L. C. 2011. Índice de sustentabilidade ambiental com base em análise multicritério de apoio à decisão. *IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Brasília.
- TÔSTO, S. G., PEREIRA, L. C., SOBRINHO, R. P., MARQUES, J. F., ROMEIRO, A. R. & MANGABEIRA, J. A. D. C. 2010. Análise multicritério como apoio à elaboração de índice de sustentabilidade ambiental no Município de Araras, SP. *Documentos*. Brasília: Embrapa Monitoramento por Satélite.
- TÔSTO, S. G., SOBRINHO, R. P., ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A. R. & MARQUES, J. F. 2009. Metodologia multicritério de apoio à decisão: uma aplicação no desenvolvimento de índice de qualidade ambiental do cultivo da cana-de-açúcar. *VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Cuiabá.
- VON WINTERFELDT, D. & EDWARDS, W. 1986. *Decision Analysis and Behavioral Research*, New York, Cambridge University Press.
- ZAGO, C. A., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2008. Identificación y Evaluación de las Habilidades Requeridas en un Sector Fabril: Un Estudio de la Aplicación da Metodologia MCDA-C. *XIV INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT*. Rio de Janeiro, Brazil.
- ZAMCOPE, F. C., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2012a. Construção de um modelo para avaliação da sustentabilidade corporativa: um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão & Produção*, 19, 303-321.
- ZAMCOPE, F. C., ENSSLIN, L. & ENSSLIN, S. R. 2012b. Desenvolvimento de um modelo para avaliar a sustentabilidade corporativa. *Produção*, ahead of print.
- ZAMCOPE, F. C., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. & DUTRA, A. 2010. Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos – um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão & Produção*, 17, 693-705.